

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ – UEM
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO – MESTRADO EM
GEOGRAFIA

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES FÍSICO-OCUPACIONAIS E SUAS IMPLICAÇÕES
NO COMPORTAMENTO HÍDRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
XAXIM – PRUDENTÓPOLIS – PR.

NELSON DOUHI

Orientador: Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos
Co-orientador: Prof. Dr. Nelson V. L. Gasparetto

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MARINGÁ
2004

NELSON DOUHI

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES FÍSICO-OCUPACIONAIS E SUAS IMPLICAÇÕES
NO COMPORTAMENTO HÍDRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
XAXIM – PRUDENTÓPOLIS – PR.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia “Mestrado” área de concentração: Análise Regional e Ambiental, do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Manoel L. dos Santos

Co-orientador: Prof. Dr. Nelson V. L. Gasparetto

MARINGÁ

2004

PENSAMENTO

As condições, meios em que se justificam conquistas e insucessos, são formas antagônicas de julgamento. Assim é a natureza em sua dinâmica incontrolável, oferente de uma imensidão de fenômenos e temporaneidades. Assim é o homem, sempre a mercê do domínio e da dúvida, quanto às suas influências e conseqüências. (DOUHI, 2004).

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) por disponibilizar seus laboratórios e equipamentos necessários para realização da pesquisa.

A todos os professores, funcionários e demais colegas que integram o grupo (GEMA) pelas contribuições, sejam elas frutos das discussões ou sugestões, como também pelo auxílio prestado em todos momentos em que encontrei dificuldades.

Ao Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos, pela orientação, amizade e principalmente pela confiança depositada na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Nelson Vicente L. Gasparetto, pela sua amizade e pelas contribuições em todas as etapas deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Fernando Soares pela disponibilização de equipamentos e pelo auxílio prestado nas etapas conclusivas deste trabalho.

À Prof^a Dr^a Marta L. de Souza pela disponibilidade e auxílio nos trabalhos de mapeamentos temáticos.

Ao Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery, Roseli e Patrícia, pelas contribuições no tratamento dos dados pluviométricos.

Ao Sr. Miguel Maia da Silva, pelo acompanhamento e coleta dos dados referentes às variações diárias de nível do rio Xaxim, feitos no período de mar/2002 a fev/2003.

Ao Sr. Audio Cassino e Sr^a. Lídia M. Douhi, pelo acompanhamento e coleta de dados pluviométricos no período de mar/2002 a fev/2003.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá, em especial à secretária Cida, pelo apoio e amizade.

À Prefeitura Municipal de Prudentópolis, que dentro das limitações disponibilizou todo seu material para o desenvolvimento da pesquisa.

À Cooperativa Mista Agrícola de Prudentópolis, por disponibilizar os dados pluviométricos dos últimos 15 anos.

À (CAPES) Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos, a qual possibilitou a realização da pesquisa e a participação em cursos de aperfeiçoamento pessoal, como Congressos, Simpósios Palestras etc.

Aos amigos Carlos Roberto Loboda, Maurício Meurer, Débora Pinto Martins, Maria de Moraes, Ederson Rech, Valdemir Antoneli, Renato Sequinel, João M. Iulek, José A.

Iulek, entre outros, os quais nunca hesitaram em ajudar, contribuindo diretamente na realização deste trabalho e compartilhando desta conquista.

A Luciane Resnik pela compreensão, carinho e apoio em todas as etapas do desenvolvimento deste trabalho, assim como, em toda caminhada que tinha com meta a concretização de mais um objetivo.

Meu especial agradecimento a todas as pessoas que confiaram e contribuíram nessa conquista, aos meus pais em especial a minha mãe, que abdicou dos seus ideais em função dos que havia sonhado para seu filho e hoje também se torna vencedora.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XII
RESUMO	13
ABSTRACT	14
1-INTRODUÇÃO	15
1.1 - OBJETIVO GERAL	17
1.2 - CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PRUDENTÓPOLIS	17
1.2.1 - HISTÓRICO DA COLONIZAÇÃO	17
1.2.2 - DEMOGRAFIA	18
1.2.3 - ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	18
1.2.4 - CARACTERÍSTICAS DO CLIMA	19
1.2.5 - RELEVO E SOLOS	19
1.2.6 - HIDROGRAFIA	19
1.2.7 - VEGETAÇÃO.....	20
1.2.8 – ATIVIDADE AGRO-INDUSTRIAL	20
1.3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	21
1.3.1 – ASPECTOS FÍSICOS DA BACIA.....	21
1.3.2 – ASPECTOS ANTRÓPICOS	22
2 - MATERIAL E MÉTODOS	23
2.1 – ETAPAS DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO	23
2.2 – PRINCIPAIS METODOLOGIAS	25
2.3 - LEVANTAMENTO E ANÁLISE MORFOLÓGICA DOS SOLOS.....	25
2.4 – CARTA BASE	26
2.5 - CARTA TOPOGRÁFICA	27
2.6 - CARTA MORFOLÓGICA.....	27
2.7 – CARTA HIPSOMÉTRICA.....	28
2.8 - CARTA DE DECLIVIDADE.....	28

2.9 - CARTA DE USO DO SOLO URBANO	28
2.10 - CARTA DE EXPANSÃO URBANA.....	28
2.11 - ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO.....	29
2.12 - CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	30
2.13 - CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA.....	31
2.14 – LEVANTAMENTO DOS PERFIS TRANSVERSAIS DO RIO XAXIM.....	32
2.15 – PERFIL TRANSVERSAL DA BACIA E PERFIL LONGITUDINAL DO RIO XAXIM.....	33
2.16 - DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES.....	33
2.17 - DETERMINAÇÃO DAS VARIAÇÕES DO NÍVEL DO RIO XAXIM.....	34
2.18 – RELAÇÃO PRECIPITAÇÃO - VAZÃO	35
2.18.1 - METODOLOGIA DO MODELO “SMAP”	36
3 - DISTRIBUIÇÃO DOS SOLOS DA BACIA.....	38
3.1 – CONDIÇÕES E FATORES IMPERANTES NA FORMAÇÃO DO SOLO E DE SUAS CARACTERÍSTICAS.....	38
3.2 - CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS NA TOPOSSEQÜÊNCIA POUSINHOS.....	40
3.3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA TOPOSSEQÜÊNCIA POUSINHOS	42
3.4 - CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS NA TOPOSSEQÜÊNCIA BOIKO	45
3.5 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA TOPOSSEQÜÊNCIA BOIKO.....	47
4 – GEOMORFOLOGIA DA BACIA.....	48
4.1 - PROCESSOS MORFOLÓGICOS ATUAIS	51
4.2 - REPRESENTAÇÃO HIPSOMÉTRICA DA BACIA	51
4.3 – DECLIVIDADE DA BACIA.....	54
4.4 - MORFOMÉTRIA DA BACIA.....	56
4.4.1 - CLASSIFICAÇÃO E DENSIDADE DE DRENAGEM.....	56
4.4.2 - ÍNDICE DE FORMA.....	57
4.4.3 – PERFIS TRANSVERSAIS.....	58
4.4.4 - PERFIL LONGITUDINAL.....	63
5 - CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DA BACIA.....	64
5.1 - ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DA BACIA.....	66
5.2 - CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ASPECTOS CLIMÁTICOS	72
6 - USO DO SOLO NA BACIA.....	74

6.1 – CARACTERÍSTICAS DO USO DO SOLO URBANO	76
6.2 - IMPLICAÇÕES DO USO NA DINÂMICA DA INFILTRAÇÃO	81
6.2.1 – INFILTRAÇÃO EM ÁREA DE MATA.....	82
6.2.2 – INFILTRAÇÃO EM ÁREA DE FAXINAL.....	84
6.2.3 – INFILTRAÇÃO EM ÁREA DE PASTAGEM.....	84
6.2.4 – INFILTRAÇÃO EM ÁREA AGRÍCOLA	85
6.3 - CRESCIMENTO URBANO DA CIDADE DE PRUDENTÓPOLIS	87
6.3.1 - PROCESSO DE FORMAÇÃO DO ESPAÇO URBANO.....	87
6.3.2 - A EXPANSÃO URBANA	90
6.3.3 – O CRESCIMENTO DO ESPAÇO URBANO DE PRUDENTÓPOLIS.....	91
6.3.4 – PROCESSO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA BACIA.....	97
6.3.5 – CONSIDERAÇÕES SOBRE O CRESCIMENTO URBANO	101
7 - IMPLICAÇÕES HIDROLÓGICAS NA BACIA	103
7.1 - MEDIDAS PREVENTIVAS	109
8 - CONCLUSÃO	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
ANEXOS.....	121

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	16
FIGURA 2: FLUXOGRAMA METODOLÓGICO, BASEADO EM THOMAZ (2000). ORGANIZADO POR DOUHI N.....	24
FIGURA 3: CLASSIFICAÇÃO DAS DIFERENTES FORMAS DE RELEVO SEGUNDO ROSS, APLICÁVEL EM TRABALHOS COM ESCALAS ENTRE 1: 5.000 E 1: 25.000. FONTE: MODIFICADO DE ROSS, 1996.....	27
FIGURA 4: ENSAIO DE CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO, SEGUNDO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO. FOTO: NELSON DOUHI - 2003	29
FIGURA 5: PLUVIÔMETRO DE LEITURA DIRETA, INSTALADO SEGUNDO METODOLOGIA DE PINTO <i>ET AL.</i> (1973), LOCALIZADO NA COOPERATIVA AGRÍCOLA MISTA DE PRUDENTÓPOLIS. FOTO: NELSON DOUHI – 2003	30
FIGURA 6: LEVANTAMENTO DA SEÇÃO TRANSVERSAL COM BASE NO NÍVEL DE MARGENS PLENAS DO FUNDO DE VALE, BASEADO EM FERNANDEZ (2003). FOTO: NELSON DOUHI - 2003	33
FIGURA 7: RÉGUA FLUVIOMÉTRICA COM LEITURA DE MÁXIMAS DIÁRIAS. FOTO: NELSON DOUHI - 2003	35
FIGURA 8: TOPOSSEQUÊNCIA POUSINHOS SITUADA NA MARGEM ESQUERDA DO RIO XAXIM 41	
FIGURA 10: DIFERENCIAÇÃO LITOLÓGICA REPRESENTADA POR DIQUE DE ROCHA BASÁLTICA QUE ESTÁ INSERIDO À ROCHA SEDIMENTAR, COMUM EM TOPOS COM MAIOR ALTITUDE. FOTO: NELSON DOUHI - 2003	43
FIGURA 9: DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS PERFIS NAS TOPOSSEQUÊNCIAS	44
FIGURA 11: TOPOSSEQUÊNCIA BOIKO LOCALIZADA NA MARGEM DIREITA DO RIO XAXIM....	45
FIGURA 12: CARTA GEOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO XAXIM.....	49
FIGURA 13: DISTRIBUIÇÃO ALTIMÉTRICA DA BACIA DO RIO XAXIM POR PERCENTUAL EM RELAÇÃO À ÁREA TOTAL.....	52
FIGURA 14: CARTA HIPSOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO XAXIM	53
FIGURA 15: CARTA DE DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO XAXIM	55
FIGURA 16: CARTA DE LOCALIZAÇÃO DOS LEVANTAMENTOS DE PERFIS REALIZADOS NA BACIA DO RIO XAXIM.....	59
FIGURA 17: PERFIS TRANSVERSAIS LEVANTADOS NO CANAL PRINCIPAL DO RIO XAXIM.....	61
FIGURA 18: PERFIL TRANSVERSAL DA BACIA DO RIO XAXIM	62
FIGURA 19: PERFIL LONGITUDINAL DO RIO XAXIM, COM NÍVEIS D'ÁGUA ESTIMADOS.	63

FIGURA 20: DISTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA ANUAL PARA A CIDADE DE PRUDENTÓPOLIS-PR. PERÍODO DE 1988 – 2002.....	66
FIGURA 21: DISTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA TRIMESTRAL COM BASE NOS PERÍODOS SAZONAIS PARA CIDADE DE PRUDENTÓPOLIS – PR. PERÍODO: 1988 – 2002	68
FIGURA 22: RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO MÉDIA EM MILÍMETROS E NÚMERO DE DIAS COM PRECIPITAÇÕES NA CIDADE DE PRUDENTÓPOLIS – PR. PERÍODO: 1988 – 2002	69
FIGURA 23: DISTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA MÁXIMA, MÍNIMA E MÉDIA MENSAL PARA CIDADE DE PRUDENTÓPOLIS – PR. PERÍODO: 1988 – 2002	71
FIGURA 24: RELAÇÃO ENTRE VARIAÇÃO MEDIANA E DESVIO PADRÃO MENSAL PARA CIDADE DE PRUDENTÓPOLIS – PR. PERÍODO: 1988 – 2002	72
FIGURA 25: CARTA DE USO DO SOLO NO ESPAÇO URBANO DE PRUDENTÓPOLIS NO ANO DE 2003	75
FIGURA 26: ÁREA DE RESERVA FLORESTAL, CARACTERIZANDO OS PRINCIPAIS REMANESCENTES DE MATA. FOTO: NELSON DOUHI - 2003	77
FIGURA 27: ÁREA AGRÍCOLA DENTRO DO ESPAÇO URBANO, OCUPADA COM PLANTIO DE FEIJÃO. FOTO: NELSON DOUHI - 2003.....	78
FIGURA 28: ÁREA DENTRO DO ESPAÇO URBANO, OCUPADA COM PASTAGEM ONDE PREDOMINA A PECUÁRIA EXTENSIVA. FOTO: NELSON DOUHI - 2003.....	79
FIGURA 29: ÁREA TÍPICA DE FAXINAIS, NA QUAL SE DESENVOLVE A PECUÁRIA EXTENSIVA. FOTO: NELSON DOUHI – 2003	80
FIGURA 30: INFILTRAÇÃO ACUMULADA NAS ÁREAS COM DIFERENTES USOS DO SOLO DA BACIA DO RIO XAXIM.....	82
FIGURA 31: COMPORTAMENTO DA INFILTRAÇÃO EM ÁREA DE MATA	83
FIGURA 32: COMPORTAMENTO DA INFILTRAÇÃO EM ÁREA DE FAXINAL	84
FIGURA 33: COMPORTAMENTO DA INFILTRAÇÃO EM ÁREA DE PASTAGEM.....	85
FIGURA 34: COMPORTAMENTO DA INFILTRAÇÃO EM ÁREA AGRÍCOLA	86
FIGURA 35: DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA POPULAÇÃO NAS ÚLTIMAS 6 (SEIS) DÉCADAS ..	91
FIGURA 36: VARIAÇÃO POPULACIONAL POR DÉCADA NOS ÚLTIMOS 60 (SESSENTA) ANOS....	92
FIGURA 37: TAXAS DE CRESCIMENTO POPULACIONAL POR DÉCADA NOS ÚLTIMOS 60 (SESSENTA) ANOS	93
FIGURA 38: CARTA DE EVOLUÇÃO URBANA DA CIDADE DE PRUDENTÓPOLIS, 2003.....	94
FIGURA 39: CONFIGURAÇÃO DO ESPAÇO URBANO DE PRUDENTÓPOLIS. FOTO: NELSON DOUHI - 2003	98
FIGURA 40: CARTA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA BACIA DO RIO XAXIM.....	99

FIGURA 41: TAXAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO E PARTICIPAÇÃO DAS UNIDADES EM RELAÇÃO AO TOTAL DA ÁREA DA BACIA DO RIO XAXIM.....	100
FIGURA 42: CONSTRUÇÃO SOBRE O LEITO, CANALIZAÇÃO FEITA DE MANEIRA ALEATÓRIA, COLUNAS E BANCOS DE AREIA, REPRESENTAM ALGUNS DOS PROBLEMAS RELACIONADOS À OCUPAÇÃO JUNTO AO CANAL DO RIO XAXIM. FOTO: NELSON DOUHI – 2002	104
FIGURA 43: OXILAÇÕES DA VAZÃO DO RIO XAXIM; CALCULADAS NO PERÍODO DE MAR/2002 A FEV/2003 COM BASE NAS VARIAÇÕES DE NÍVEL MÁXIMO DIÁRIO.....	105
FIGURA 44: DISTRIBUIÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES E VAZÕES NO PERÍODO DE MARÇO A MAIO/2002.....	106
FIGURA 45: DISTRIBUIÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES E VAZÕES NO PERÍODO DE JUNHO A AGOSTO/2002	107
FIGURA 46: DISTRIBUIÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES E VAZÕES NO PERÍODO DE SETEMBRO A NOVEMBRO/2002	107
FIGURA 47: DISTRIBUIÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES E VAZÕES NO PERÍODO DE DEZEMBRO/2002 A FEVEREIRO/2003.....	108

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DA REDE HIDROGRÁFICA DO RIO XAXIM	57
TABELA 2 - PARÂMETROS MORFOLÓGICOS DOS PERFIS LEVANTADOS NO CANAL DO RIO XAXIM.....	62
TABELA 3 - EVENTOS EL NIÑO E LA NIÑA, DEFINIDOS A PARTIR DA ANOMALIA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR PARA REGIÃO DO EL NIÑO (1+2) E EXCEDENDO VALORES DE 0,4°C (POSITIVO OU NEGATIVO)	67
TABELA 4 - DISTRIBUIÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES POR CLASSE E FREQUÊNCIA RELATIVA NO PERÍODO DE 1988-2002	70
TABELA 5 – REPRESENTAÇÃO DAS UNIDADES EM RELAÇÃO ÁREA TOTAL DA BACIA E SUAS RESPECTIVAS TAXAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO	101

RESUMO

Neste estudo “Análise das Condições Físico-Ocupacionais e suas Implicações no Comportamento Hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xaxim - Prudentópolis - PR”, buscou-se caracterizar as condições do meio físico da bacia e as formas de ocupação. São apresentadas de forma integrada as implicações que resultam da atual forma de ocupação e as principais necessidades quanto à implementação de medidas preventivas e de controle que garantam o equilíbrio da bacia hidrográfica e ofereçam segurança e qualidade de vida para a população. A metodologia básica para realização do trabalho consistiu em três etapas: a) coleta de dados por meio de levantamentos bibliográficos, análise de cartas, fotos aéreas e principalmente levantamentos de campo; b) análises laboratoriais; c) trabalhos de interpretação e redação, os quais exigiram um maior tempo de dedicação. Predominam na bacia, relevo pouco dissecado com vertentes convexas e retilíneas, declividades entre 3 e 8% e altitudes entre 780 e 800 metros. Os solos identificados foram: Latossolo Vermelho, Amarelo, Cambissolo, Neossolo Litólico, Gleissolo e solos com características aluviais às margens do rio. Embora a bacia esteja quase integralmente no espaço urbano, os usos do solo são bastante diversificados, com áreas destinadas à agricultura, pastagens, faxinais¹ e áreas de mata. Em relação ao crescimento urbano, esse não apresentou um crescimento acelerado, porém desordenado, sendo que as consequências dessa ocupação se refletem num quadro de instabilidade no comportamento hídrico da bacia, oferecendo riscos de alagamentos. Percebeu-se também, que inexistiu uma política normativa quanto à ocupação do espaço urbano, que vise a reduzir suas implicações no comportamento hídrico da bacia, em especial no canal fluvial.

¹ Áreas utilizadas para pecuária, constituídas por pastagem e um estrato arbóreo relativamente ralo.

ABSTRACT

In this research, named “Analysis of the Physical-Occupational Conditions and their Implications in the Hydrological Behavior of the Xaxim’s Basin, Prudentópolis Town, Paraná State” , we aim to characterize the physical conditions and the different ways of occupation over the basin. These lines were analyzed integrated, in order to prove: their involvement, the results caused by its current occupation, the main needs concerned to its implementation and the preventive steps needed to guarantee the Xaxim’s basin balance, providing a safety and higher quality of life to this areas’ population. The methodological proceedings adopted in this research are divided in three parts: a) data collection in papers, topographic charts, aerial photos and field surveys; b) laboratorial analysis; c) interpretation and writing works, which required time and dedication. Through these studies, it was detected in Xaxim river basin a little dissected relief with rounded and straight slopes, declivity ranging from 3% to 8% and altitudes ranging from 780 to 800 meters. The main soils types identified were: “Red Latosol, Yellow Latosol, Cambisol, Neosol Litolic, Gleisol” and soils with alluvial characteristics. Although, the Xaxim’s basin is disposed almost completely in an urban area, the land is used in different ways: with the agriculture, pasture and animal raising and some areas occupied by the woods. It was also noticed that there isn’t a policy program for the urban occupation, able to provide preventive actions to the use of Xaxim river basin.

1-INTRODUÇÃO

A área de pesquisa está localizada na bacia hidrográfica do rio Xaxim, no município de Prudentópolis, região central do Paraná (Figura 1). A bacia encontra-se quase integralmente dentro do espaço urbano de Prudentópolis, no entanto, a ocupação mais adensada representa cerca de 70% da bacia, o que possibilita diversos tipos de usos do solo, como agricultura, pastagem, reservas florestais, faxinais etc.

Neste trabalho, procurou-se fazer uma abordagem da bacia hidrográfica de forma integrada, buscando espacializar os fenômenos na tentativa de estabelecer uma síntese da relação sociedade-natureza. Basicamente o trabalho foi desenvolvido em duas etapas distintas: a primeira que consistiu-se na realização dos estudos analíticos, no qual são caracterizados os componentes do meio físico e ocupacional (solo, relevo, clima, uso do solo, etc.); a segunda etapa, consistiu-se na correlação das informações dos estudos analíticos com as condições de ocupação e o comportamento hídrico da bacia, principalmente o rio Xaxim.

O crescimento urbano, fator que tem influência direta sobre os elementos componentes da bacia hidrográfica, foi analisado no período de 1950 – 2000 e demonstrou que há uma tendência de ampliação dos percentuais de população urbana para as próximas décadas. Por outro lado o espaço urbano, que é reflexo da própria dinâmica populacional, nem sempre tem capacidade de absorver a população crescente e seus impactos, principalmente quando estes se tornam mais severos. Partindo de tal contexto buscou-se fazer uma análise integrada da ampliação da urbanização, associando-a com a significativa redução da população rural e o crescimento da população urbana. A crescente urbanização além de influenciar o êxodo rural e que por outro lado também é seu reflexo, produziu novos problemas urbanos como ocupações irregulares, poluição hídrica, aumento do escoamento superficial, alagamentos em fundos de vale e conseqüentemente a redução da qualidade de vida da população.

O município de Prudentópolis é carente de informações técnico-científicas acerca das características físicas e sócio-econômicas do seu território e, por conseguinte carente de material bibliográfico e cartográfico. Portanto, as dificuldades em se realizar este trabalho também foram proporcionais. Sabe-se, que mesmo com suas limitações, este estudo trará uma contribuição social e científica significativas para o município de Prudentópolis.

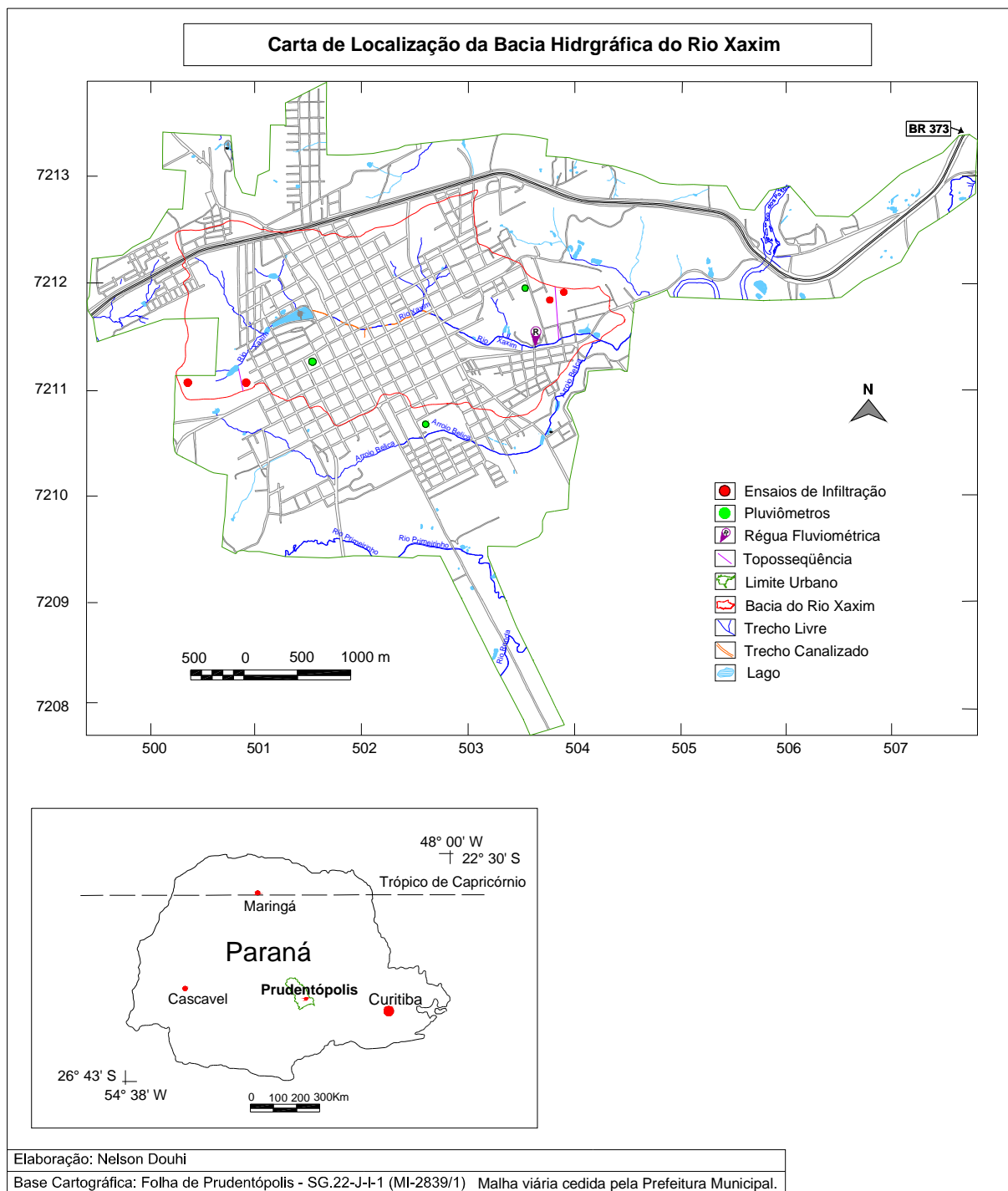


Figura 1: Mapa de localização da área em estudo

1.1 - OBJETIVO GERAL

Analisar as condições do meio físico e as condições de ocupação da Bacia Hidrográfica do rio Xaxim, e sua relação quanto aos reflexos produzidos no comportamento hídrico, principalmente no canal fluvial.

1.2 - CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PRUDENTÓPOLIS

1.2.1 - HISTÓRICO DA COLONIZAÇÃO

De acordo com a Enciclopédia Brasileira dos Municípios do IBGE *in* Przygoski *et al.* (1972), até meados do Século XIX a região correspondente ao atual município de Prudentópolis pertencia à Guarapuava, que se limita à oeste de Prudentópolis pela Serra da Esperança, de composição basáltica, pertencente à Formação Serra Geral. Em 1882, após o Barão de Capanema então diretor do Telegrafo Nacional, ter firmado acordo com a Província do Paraná para instalação de uma linha de telégrafo entre Curitiba e Guarapuava, foi aberta uma estrada ligando estes dois municípios, fator que influenciou significativamente no fluxo das pessoas e na fixação dos primeiros colonizadores em Prudentópolis.

Um dos primeiros foi Firmo Mendes de Queirós, filho de Bandeirantes paulistas, que se estabeleceu em uma área próxima à atual sede da cidade, onde mandou construir em 1884 uma capela consagrada a São João Batista. Doou também parte de suas terras para que se estabelecesse um povoado, o qual foi denominado na época de: “São João de Capanema”, em homenagem ao Barão de Capanema, sendo elevado à categoria de Distrito em 26/ 01/ 1896.

Em 1895, apoiado pelos incentivos do Governo Federal, o Governo do Estado doa terras para fins de colonização, nomeando como Diretor da Colônia Cândido Ferreira de Abreu. Este diretor decide renomear a Colônia de São João de Capanema para Prudentópolis em homenagem ao então Presidente da República, Prudente de Moraes.

O município de prudentópolis corresponde a um espaço territorial de 2.461,58 km², sendo o 5º maior município em extensão e o maior em número de minifúndios do Paraná. Limita-se a norte com o município de Cândido de Abreu, a sul com os municípios de

Inácio Martins e Irati, a oeste com Guarapuava e Turvo e a leste com os municípios de Guamiranga e Ivaí.

A atual cidade de Prudentópolis desenvolveu-se às margens do rio Xaxim, onde, influenciada pelo rápido desenvolvimento econômico calcado na atividade agropecuária e em pequenas indústrias, consegue sua emancipação política em 05/ 03/ 1906, pela Lei Estadual nº 615 sendo elevada à categoria de município o então Distrito. Sua instalação ocorre em 12/ 08/ 1906 com a posse das primeiras autoridades municipais, data em que se comemora o aniversário do Município. A elevação da sede ao nível de cidade só ocorre em 14/ 03/ 1929.

1.2.2 - DEMOGRAFIA

Os primeiros imigrantes europeus começam a chegar em Prudentópolis a partir de 1895, influenciados principalmente pelos aspectos físicos da região, em especial o clima. Dos representantes étnicos estabelecidos no município destacam-se: Italianos, Alemães, Poloneses e principalmente Ucrânicos, constituindo uma das maiores colônias ucranianas no Brasil. Os imigrantes Ucrânicos representam cerca de 70% da população do Município. Atualmente conta com uma população de 46.346 sendo deste total 28.070 ou (60,57%) residentes na área rural e somente 18.276 ou (39,43%) residentes no espaço urbano (IBGE, 2000). Apresenta uma densidade demográfica de 18,81 hab./km² distribuída de forma desigual, visto que as características físicas do município, principalmente as geomorfológicas são relativamente desfavoráveis à ocupação humana.

1.2.3 - ASPECTOS GEOLÓGICOS

O município de Prudentópolis situa-se na região centro sul do Paraná, no extremo oeste do 2º planalto paranaense. O município se subdivide em duas zonas geográficas distintas: a primeira descrita como zona montanhosa com mesetas e linhas de espigões formados por diques de diabásio do Mesozóico, que englobam todo centro noroeste, correspondendo a maior parte do município; a segunda zona geográfica abrange o leste e sudeste do município, correspondendo ao planalto ondulado das formações paleozóicas, com a predominância das Formações Terezina-Serrinha e Rio do Rastro, constituídas por siltitos e argilitos com intercalações de arenitos de granulometria muito fina. Ocorrem próximas à Serra da Esperança como formas isoladas, conjuntos de mesetas constituídas pelas Formações Rio do Rastro (Triássico) Formações Pirambóia (Triássico) e Botucatu

(Jurássico); capeados pelas eruptivas básicas da Formação Serra Geral (ZALÁN *et al.* 1990). O Morro do Chapéu é um dos testemunhos mais representativos do município de Prudentópolis, localizado próximo a Br 277 é formado por litologias do Grupo Rio do Rastro, na base, e por arenito Botucatu no topo, capeados por basaltos da Formação Serra Geral.

1.2.4 - CARACTERÍSTICAS DO CLIMA

O regime climático em que está inserido o município de Prudentópolis se caracteriza segundo classificação de Koeppen como Cfb: subtropical úmido, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e superior a -3°C no mês mais frio, apresentando entre 5 e 10 geadas no inverno (MAACK, 1981). A média anual de precipitação é de 2.057 mm, extraída com base na análise do período de 15 anos (1988-2003).

1.2.5 - RELEVO E SOLOS

Os solos se caracterizam predominantemente em Cambissolo, Latossolo Vermelho Amarelo e Neossolo Litólico, sendo na maioria rasos e pouco desenvolvidos, influenciados pelo relevo muito dissecado, pela alta declividade e pelo predomínio de um regime climático subtropical. Estes fatores reduzem o processo de intemperização das rochas e conseqüentemente influenciam num processo mais lento da formação dos solos. Na parte leste e sul do município, predominam o Latossolo Vermelho Amarelo e Cambissolo, influenciados pela estrutura geológica sedimentar das Formações Terezina-Serrinha e Rio do Rastro. O relevo pouco dissecado e com vertentes mais retilíneas favorece a mecanização da agricultura. Na parte norte e noroeste do município predominam os solos Neossolos Litólicos com relevo muito dissecado constituído principalmente por vertentes convexas. Predominam nestas áreas a pecuária extensiva e a atividade agrícola no sistema de roça, típica das pequenas propriedades rurais.

1.2.6 - HIDROGRAFIA

Influenciados pelo declive acentuado do relevo, os rios seguem predominantemente no sentido noroeste, para desaguar na bacia do Ivaí, formando vales que cortam a paisagem com escarpas e cuevas em formas de “boqueirão” resultantes dos processos exógenos que se verificam ao longo dos anos. Nesta região são encontradas inúmeras cachoeiras localizadas em rios que deságuam na bacia do rio Ivaí, com destaque para os afluentes

formadores: rio dos Patos e São João com as cachoeiras Barão do Rio Branco (64m.) e São João (84m.). As cachoeiras são originadas por “sills” de diabásio na formação Terezina em camadas horizontais. Em muitos casos é facilmente identificável a base da cachoeira formada por “sills de diabásio” sobrepostas pelas litologias das Formações Terezina-Serrinha ou Rio do Rastro. A hidrografia tem uma grande importância como atrativo turístico, assim como, pelo potencial hidrelétrico oferecido pelos rios, em função da significativa vazão e desnível existentes. Merecem destaque outras cachoeiras localizadas em rios menores, mas com alturas consideráveis como: São Francisco, Barra Grande, Fazenda Velha, São Sebastião, Salto Mlot, Salto Kuzma, Jacutinga, Tigrinho, Papagaios, Salto do Enxú, Virgílio e Cassiano.

1.2.7 - VEGETAÇÃO

A vegetação predominante no município, caracteriza-se por mata secundária “capoeira” com ocorrência de capões isolados de mata de araucárias (araucária angustifolia) associadas a palmáceas, samambaias, taquarais e erva mate (*Ilex paraguayensis*). Em áreas isoladas como a mata ciliar e encostas da Serra da Esperança, encontram-se remanescentes da floresta subtropical com espécies como: a imbuia, cedro, peroba, jacarandá, canjerana, canela e outras. De modo geral, a vegetação primária encontra-se extremamente reduzida pela exploração excessiva ocorrida na segunda metade do século XX.

1.2.8 – ATIVIDADE AGRO-INDUSTRIAL

Atualmente Prudentópolis ainda apresenta-se tipicamente agrícola, considerando que as atividades econômicas predominantes têm como base à produção agropecuária.

Das atividades agrícolas desenvolvidas no município, merecem destaque a produção de feijão e de milho, os quais são cultivados em grande parte no sistema de roça “rotação de terras”. Em muitos casos o cultivo é feito de forma comensal principalmente nas pequenas propriedades e naquelas onde a mecanização é impossibilitada pelo relevo muito acentuado. A produção de fumo, também é significativa, se valendo da disponibilidade de mão de obra familiar, pequena propriedade rural e dos recursos florestais “lenha”. Nas propriedades que permitem mecanização, predomina a produção de soja e milho (DOUHI, 2001).

Na área urbana predominam as atividades comerciais e serviços voltados as necessidades locais, atendendo também a municípios limieiros com menor infra-estrutura.

Das atividades industriais alocadas, pode-se citar: as alimentícias, metalúrgicas, madeireiras e cerâmicas. As duas últimas têm maior destaque e atendem toda a região Centro Sul do Paraná. Tanto as atividades industriais quanto as comerciais são altamente dependentes da produção agrícola, preferencialmente as comerciais, que têm no desempenho da produtividade agrícola um parâmetro de planejamento e análise de seu próprio desempenho, já que essas têm uma relação direta com o consumidor final.

1.3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

1.3.1 – ASPECTOS FÍSICOS DA BACIA

A área em estudo (Bacia Hidrográfica do rio Xaxim) se localiza quase integralmente no espaço urbano da cidade de Prudentópolis, entre as coordenadas 25° 11' 59" e 25° 13' 11" de latitude sul e 50° 57' 20" e 50° 59' 50" de longitude oeste (Figura 1), compreendendo uma área de 5,92 km². A bacia apresenta forma retangular, determinada segundo método proposto por Lee e Salle (1970) *in* Chritofolletti (1974), com padrão de drenagem dendrítica.

Encontra-se inserida no regime climático subtropical úmido, com média pluviométrica do período de 1988 -2002 de 2.057mm/ano e temperaturas do mês mais quente superiores a 25°C e inferiores a 0°C no mês mais frio, com ocorrências entre 5 e 10 geadas ao ano.

A Geologia da bacia conforme Zalán *et al.* (1990) corresponde às Formações Terezina-Serrinha e Rio do Rastro do Grupo Passa Dois que datam do Paleozóico. Em áreas de topo é possível encontrar camadas residuais de diabásio, oriundas de “diques ou sills” Juro-Cretáceos da Formação Serra Geral, muito comuns na região. Essas características associadas ao clima permitiram o desenvolvimento de um relevo pouco dissecado em praticamente toda bacia, com predomínio de vertentes convexas e retilíneas e declividades que variam entre 3 e 8%. Somente em alguns pontos isolados é possível encontrar declividades superiores a 45%. As altitudes predominantes estão entre 780 e 800m., com uma amplitude altimétrica de 75m.

O canal principal (rio Xaxim) está orientado no sentido leste, até desaguar no rio dos Patos, afluente formador do rio Ivaí. O rio Xaxim possui em sua extensão total 5.113m.

sendo que destes, 4.294m. correspondem ao espaço urbano. No espaço urbano são verificadas edificações sobre o curso do rio, canalizações sem padronização, além de bancos de areia em alguns pontos do médio curso, fatores que interferem diretamente na dinâmica do fluxo no canal fluvial.

1.3.2 – ASPECTOS ANTRÓPICOS

A bacia hidrográfica do rio Xaxim encontra-se compreendida quase integralmente no espaço urbano, no entanto, ainda comporta uma diversidade de usos não urbanos, como: áreas agrícolas, pastagens, faxinais e algumas pequenas reservas florestais.

O processo de ocupação verificado ao longo dos últimos anos tem provocando uma série de modificações nas condições de uso do solo, no aspecto arquitetônico das construções, assim como numa maior diversidade de possibilidades à população, principalmente no setor comercial. A cidade passa a exercer maior influência, fator que contribui para sua expansão. Por outro lado, essa expansão vem provocando mudanças nas condições ambientais da bacia do rio Xaxim e por conseguinte na qualidade de vida da população urbana.

A área urbana de Prudentópolis conta com uma população de 18.276 hab. (IBGE, 2000) estando mais concentrada nos bairros voltados à população de baixa renda ou núcleos habitacionais. Embora a concentração populacional seja relativamente pequena, a última década em especial, demonstrou que há uma clara tendência de crescimento da população urbana, fator este que justifica as preocupações quanto aos problemas relacionados à ocupação do espaço urbano.

Quanto às atividades desenvolvidas, predominam as comerciais e de serviços voltados a atender as necessidades locais. O comércio também atende a população de alguns municípios vizinhos com menor infra-estrutura. Na atividade industrial predominam as indústrias alimentícias, metalúrgicas, madeireiras e cerâmicas, porém, somente indústria madeireira e a cerâmica se destacam regionalmente.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – ETAPAS DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO

As etapas de realização deste trabalho, assim como as metodologias aplicadas estão representadas de forma sintética no fluxograma metodológico (Figura 2), que serviu de orientação para o desenvolvimento do trabalho. A opção em estudar uma bacia hidrográfica teve como parâmetro o seu reconhecimento como “unidade geográfica” de estudo e planejamento.

A importância da bacia hidrográfica está em sua complexidade, pois contempla elementos do meio físico e da sociedade. Além disso, sua funcionalidade se comporta como um sistema aberto com entrada e saída de energia e matéria. Desse modo ela proporciona uma visão sistêmica coerente tanto das partes como do todo.

A realização deste trabalho de pesquisa se baseou em quatro áreas de atuação visando a coleta, sistematização e interpretação dos dados que consistiram em:

- a) Levantamento bibliográfico: nesta etapa foram coletadas todas as informações possíveis de trabalhos produzidos sobre a área em estudo e até mesmo sobre a região, tendo em vista que existem poucos trabalhos específicos;
- b) Levantamentos de Campo: consistiram em se fazer o reconhecimento “*in loco*” das características da área, sua delimitação, levantamentos dos solos, uso do solo, testes de infiltração, medidas de vazão e da morfologia do canal, efetuadas no rio Xaxim, além das aferições dos dados das cartas hipsométrica, geomorfológica e de declividade;
- c) Análise laboratorial: digitalização de cartas e análise granulométrica;
- d) Análise, sistematização e interpretação dos dados: compreende as etapas de edição, e redação da dissertação.

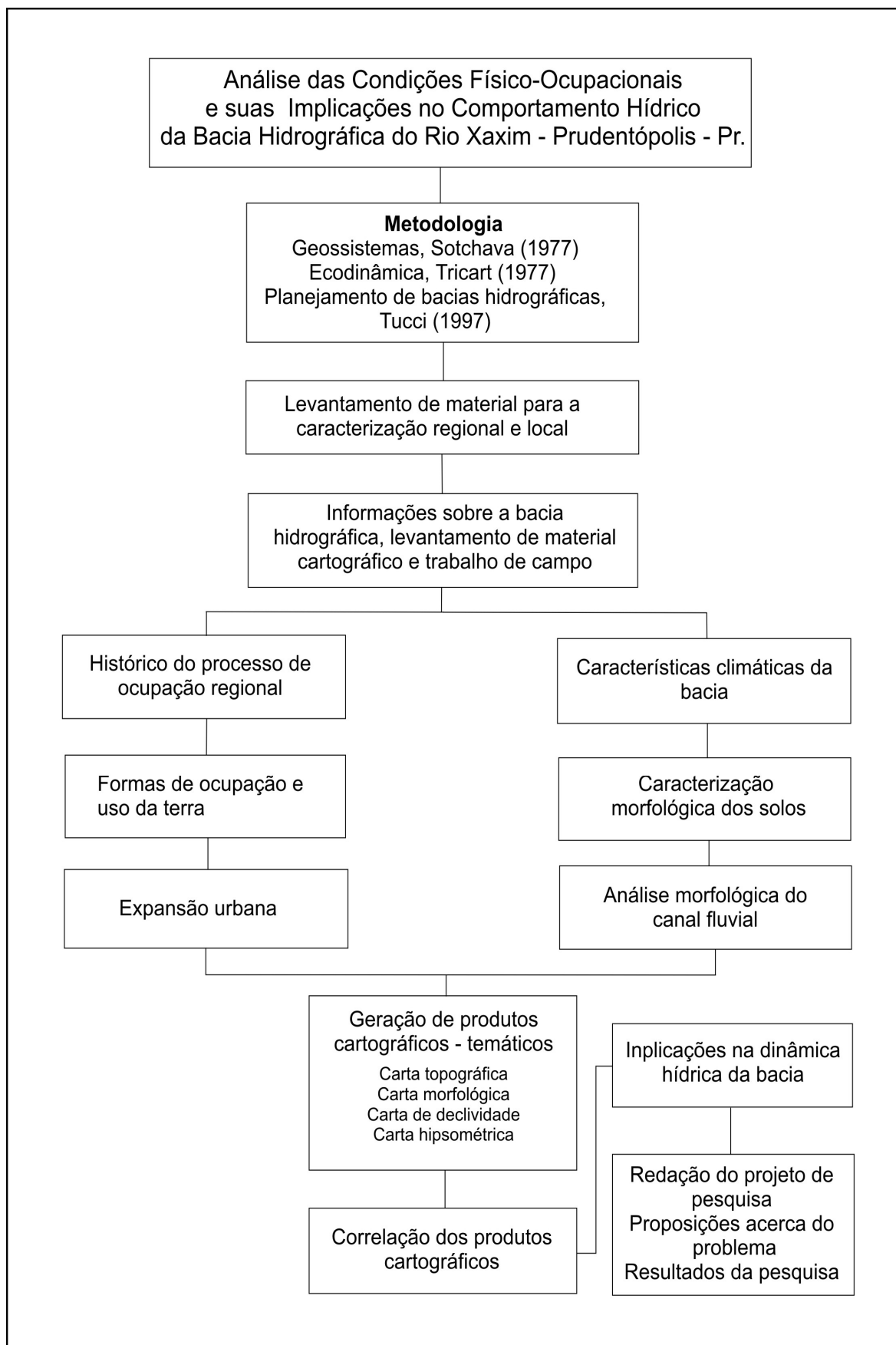


Figura 2: Fluxograma Metodológico, baseado em Thomaz (2000). Organizado por Douhi N.

2.2 – PRINCIPAIS METODOLOGIAS

Visando promover uma integração das variáveis que interferem na dinâmica da bacia hidrográfica, adotou-se uma postura metodológica geossistêmica, sistematizada por Sotchava (1962), a qual foi discutida e aplicada parcialmente por Reis Nakachima (2001).

O geossistema representa um fenômeno natural, mas que deve refletir os parâmetros sociais, econômicos, bem como as modificações efetuadas pelo homem (SOTCHAVA, 1977). Também foi considerado no contexto da análise da bacia hidrográfica do rio Xaxim o conceito de paisagem, definido como uma porção do espaço caracterizada por uma combinação dinâmica, portanto instável, de elementos geográficos diferenciados: físicos, biológicos, antrópicos que ao reagirem dialeticamente uns sobre os outros, fazem desta paisagem um conjunto geográfico indissociável que evolui em bloco, tanto em efeito de interações dos elementos que as constituem, como sob efeito da dinâmica de cada um dos elementos considerados separadamente (BERTRAND, 1971).

O conceito de ecodinâmica apresentado por Tricart (1977) representou um instrumento lógico de que se dispõe para estudar os problemas do meio, porque oferece uma visão de conjunto do aspecto dinâmico.

Considerando que atualmente os estudos em bacias hidrográficas têm assumido uma importância muito grande em função da praticidade e importância que apresentam, principalmente nos estudos em bacias urbanas, também foram utilizadas as propostas de Tucci *et al.* (1997) que visam o processo de planejamento de uma bacia urbana o qual é constituído geralmente por três etapas:

- Determinação das características físicas da bacia;
- Comportamento hidrológico da bacia para condições atuais e futuras;
- Identificação das possíveis medidas estruturais e não-estruturais cabíveis.

2.3 - LEVANTAMENTO E ANÁLISE MORFOLÓGICA DOS SOLOS

O levantamento das características pedológicas foi feito com base na metodologia descrita por Boulet (1988), também utilizada por Gasparetto (1999), Martins (2000). As toposseqüências foram localizadas considerando-se as compartimentações do relevo, buscando representar os tipos de vertentes mais comuns na área em estudo, (Figura 1). Por se tratar de uma área urbana, buscou-se locais que estivessem vegetados por mata nativa ou ocupados por agricultura ou pecuária, visto que estas atividades não produzem tantas alterações nas características morfológicas do solo quanto a urbanização. Os estudos por

meio de toposseqüências têm apresentado resultados muito satisfatórios, pois permitem que se realizem amostragens sistemáticas ao longo de uma vertente, possibilitando verificar de forma clara, a existência de descontinuidades e ou truncamentos de camadas e as espessuras das camadas, representando assim as variações horizontais e verticais dos solos.

Para a descrição e coleta de amostras de solos, utilizou-se a metodologia proposta pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1996), adequando-a aos elementos que teriam prioridade no levantamento, como: cor, textura, estrutura, transição, mosqueamento, cerosidade, consistência, porosidade, nódulos e concreções, atividade biológica, raízes, etc. Na determinação das cores para padronização das amostras colhidas, utilizou-se a tabela de Munsell Soil Color Charts (2000). Nas amostras coletadas nos vários horizontes, foram realizadas análises granulométricas rotineiras para a determinação dos percentuais de areia, silte e argila de cada amostra. A classificação quanto à tipologia dos solos, obedeceu aos critérios apresentados no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (1999).

Para a edição das figuras (toposseqüências) foi utilizado o *software Auto Cad 2000* enquanto para representação dos dados das análises granulométricas foi utilizado o *software Grapher*.

2.4 – CARTA BASE

O trabalho cartográfico foi desenvolvido com base na Carta topográfica: Folha de Prudentópolis – SG.22-J-I-1 (MI-2839/1), escala 1: 50.000, a qual foi digitalizada via mesa digitalizadora marca DIGIGRAF, modelo Van Gogh e editada no *software AutoCad 2000*. Posteriormente foi efetuada a restituição das curvas hipsométricas com o emprego do *software Surfer 7.0*, no qual as curvas foram editadas, reduzindo as equidistâncias de 20 para 5 metros.

Para representação da malha viária, da divisão dos bairros, assim como o limite do espaço urbano da cidade de Prudentópolis, foi utilizada uma base digitalizada fornecida pela Prefeitura Municipal. A referida base foi geo-referenciada e incorporada às demais cartas que necessitavam de tais informações com o emprego do *software Auto Cad 2000*.

2.5 - CARTA TOPOGRÁFICA

A Carta Topográfica em formato digital resultante da restituição das curvas feitas no *software Surfer 7.0* serviu de base para elaboração das cartas hipsométrica e morfológica elaboradas empregando o *software SPRING 3.6*.

2.6 - CARTA MORFOLÓGICA

Para elaboração da Carta Morfológica adotou-se a metodologia proposta pelo Projeto Radambrasil *in* Ross (1996). Para este trabalho foi considerado apenas o 5º nível taxionômico, onde é apresentada a classificação do relevo quanto as formas, distribuídas nos diversos setores das vertentes (Figura 3).

Para elaboração desta carta foram correlacionadas as cartas: topográfica, hipsométrica, declividade, registros fotográficos e fotografias aéreas (1: 10.000 – IAP - 1980).

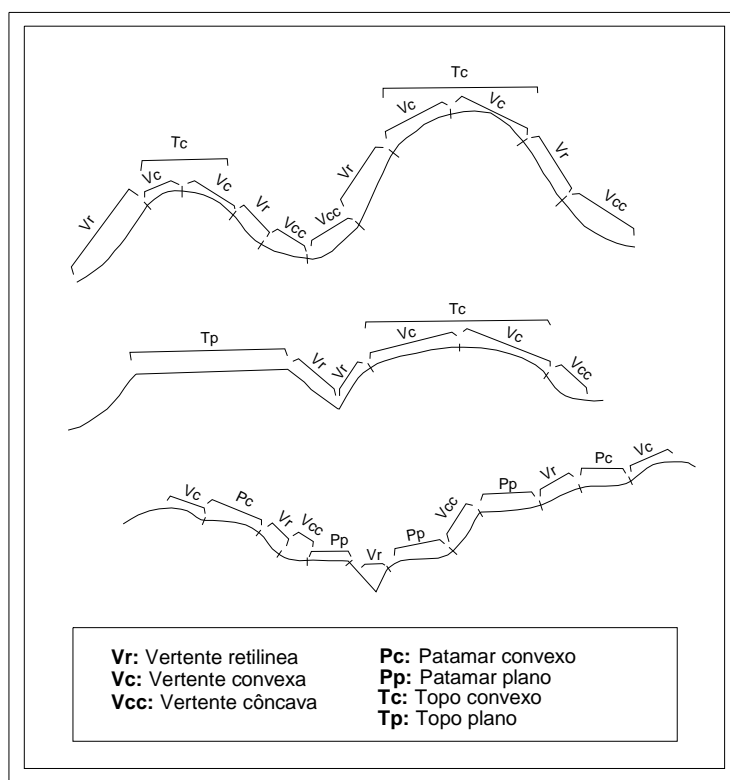


Figura 3: Classificação das diferentes formas de relevo segundo Ross, aplicável em trabalhos com escalas entre 1: 5.000 e 1: 25.000. Fonte: Modificado de Ross, 1996

2.7 – CARTA HIPSOMÉTRICA

Para elaboração da Carta Hipsométrica as altitudes foram subdivididas em 04 classes, com intervalos de 20 metros, sendo que a amplitude altimétrica é de apenas 75 metros, tendo como cota mínima a elevação 740 e cota máxima 815 metros de altitude.

2.8 - CARTA DE DECLIVIDADE

A Carta de Declividade foi elaborada com base nas classes de declividades propostas por Larach *et al.* (1984), subdivididas em 05 categorias sendo: 0 - 3%; 3 - 8%; 8 - 20%; 20 - 45% e > 45%. As classes de declividade foram associadas à carta altimétrica no *software Spring 3.6*.

2.9 - CARTA DE USO DO SOLO URBANO

As delimitações dos diferentes usos do solo para a elaboração da Carta de Uso do Solo da Bacia do rio Xaxim, foram realizadas com base em acompanhamentos de campo e repassados para Carta do Espaço Urbano de Prudentópolis em formato digital, o que tornou o trabalho mais dinâmico. Os dados coletados foram agrupados e representados na Carta de Uso do Solo Urbano de Prudentópolis em 2003. Para melhor representação das características dos usos, foram utilizadas fotos inseridas no trabalho. Vale salientar que a representação cartográfica dos usos do solo, não atende aos usos específicos, em função da escala utilizada, pois esta não ofereceria possibilidades de representação detalhada, para tanto adotou-se a metodologia de agrupamento por categorias, sendo 07 categorias de uso: 1) Área Comercial, 2) Área Industrial, 3) Área Residencial, 4) Área de Mata, 5) Área Agrícola, 6) Área de Pastagem, 7) Área de Faxinal. As ruas foram agrupadas em 04 categorias: a) Rua de Terra, b) Rua com Cascalho, c) Rua com Calçamento e d) Rua Pavimentada.

2.10 - CARTA DE EXPANSÃO URBANA

Os procedimentos para realização do trabalho consistiram em entrevistas com moradores estabelecidos no município antes da década de 50. Também foram analisadas fotografias panorâmicas da cidade, fotografias aéreas de 1980, escala 1: 10.000 e duas Cartas do espaço urbano de Prudentópolis, escala 1: 10.000 de 1970 e escala 1: 4.000 de 1989 além de levantamentos de campo. As informações resultantes das análises foram

agrupadas na Carta de Expansão Urbana da Cidade de Prudentópolis, representando os últimos 50 anos fracionados por décadas. Esta etapa foi desenvolvida utilizando o Software *Auto Cad 2000* com base na malha urbana de 2001.

2.11 - ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO

Para realização dos ensaios de infiltração a área de estudo foi subdividida sob critério de uso do solo, em quatro unidades: 1) área agrícola, 2) área de pastagem, 3) área de faxinal e 4) área de mata (Figura 1).

Os ensaios de infiltração foram efetuados nas quatro unidades com base no método do infiltrômetro, segundo a técnica de Linsley, Kohler e Paulhus *in* Villela e Mattos (1975), que consiste na utilização de dois cilindros concêntricos e um dispositivo de medir volumes de água adicionada ao cilindro interno, porém, a adição de água é feita de forma simultânea nos dois cilindros. A razão da existência do cilindro externo é prover a água necessária ao espalhamento lateral devido à capilaridade. Dessa forma, a infiltração propriamente dita é medida em relação à área limitada pelo cilindro interno (Figura 4).



Figura 4: Ensaio de capacidade de infiltração, segundo método do infiltrômetro. Foto: Nelson Douhi - 2003

2.12 - CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A caracterização pluviométrica foi realizada com base em dados de uma série de 15 anos, entre janeiro de 1988 e dezembro de 2002. Os dados foram fornecidos pela Cooperativa Agrícola Mista de Prudentópolis (CAMP) e provém do acompanhamento de um pluviômetro com superfície de 24cm² que permite leitura direta dos valores precipitados (Figura 5).



Figura 5: Pluviômetro de leitura direta, instalado segundo metodologia de Pinto *et al.* (1973), localizado na Cooperativa Agrícola Mista de Prudentópolis. Foto: Nelson Douhi – 2003

A instalação e leituras são baseadas na metodologia proposta por Pinto *et al.* (1973). O referido pluviômetro (P1), está localizado na sede da Cooperativa na porção centro oriental da bacia do rio Xaxim.

No período de 01/03/2002 a 28/02/2003 foram coletados dados de mais 02 (dois) pluviômetros instalados, um na parte sul da bacia (P2) e outro na parte norte (P3), (Figura 1). Os dados dos três pluviômetros permitiram uma melhor caracterização do

comportamento pluviométrico na bacia. A precipitação média foi determinada pelo Método de Thiessen, *in* Pinto *et al.* (1973), que consiste na expressão:

$$P_m = 1/A \cdot \sum A_i \cdot P_i$$

Onde:

P_m = precipitação média;

A = área da bacia;

A_i = área de influência do ponto i;

P_i = precipitação do posto i.

Os valores médios de precipitação para cada posto, foram associados aos dados de variações de nível do rio Xaxim na análise das implicações das condições de uso no comportamento fluvial.

2.13 - CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

As características morfométricas tanto do canal fluvial quanto da bacia hidrográfica, se mostraram importantes ferramentas de análise nos estudos em bacia hidrográfica, pois definem as relações que se estabelecem entre os atributos e as propriedades dinâmicas das bacias.

A magnitude da bacia que é definida pela ordenação dos canais se deu segundo Strahler (1952) *in* Christofolletti (1980). O padrão da drenagem da bacia hidrográfica foi definido pelo método de Strahler, utilizando-se do critério geométrico da disposição dos canais fluviais. A densidade de drenagem da bacia hidrográfica do rio Xaxim foi calculada com base na relação entre o comprimento total dos canais de escoamento e a área total, Horton (1945) *in* Christofolletti, (1980). Essa relação pode ser definida pela expressão:

$$Dd = L/A$$

Onde:

Dd = densidade da drenagem;

L = comprimento total dos canais;

A = área da bacia.

A análise de forma da bacia é realizada com o uso de dois índices principais: 1) o índice de circularidade; 2) o fator forma. O índice de circularidade é a razão entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro. Pode ser calculado a partir da expressão:

$$I_c = \frac{A}{A_c}$$

Onde:

I_c = índice de compacidade;

A = área da bacia em quilômetros;

A_c = área de um círculo de igual perímetro, em quilômetros quadrados.

Se esse valor for próximo do valor 1 mais circular é a bacia.

O fator forma é um índice que consiste na relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica. A largura média da bacia é obtida pela divisão da área desta pelo seu comprimento. O comprimento da bacia corresponde à extensão do canal principal. Desse modo, o fator forma representado pela expressão:

$$K_f = A/L^2$$

Onde:

K_f = fator forma;

A = área da bacia, em quilômetros quadrados;

L = comprimento do canal principal, em quilômetros.

2.14 – LEVANTAMENTO DOS PERFIS TRANSVERSAIS DO RIO XAXIM

O levantamento dos perfis transversais (Figura 6) consistiu na instalação de estacas de madeira nas extremidades da seção, compreendendo o nível de margens plenas do fundo de vale, segundo Fernandez (2003). Como plano referencial para efetuar as medidas foi colocado um fio de nylon nivelado, a partir do qual foram obtidas as alturas. Os intervalos das medidas foram diferenciados para cada seção em função da morfologia do canal ser bastante variada. As figuras de representação dos perfis foram editadas no *software Auto Cad 2000*.



Figura 6: Levantamento da seção transversal com base no nível de margens plenas do fundo de vale, baseado em Fernandez (2003). Foto: Nelson Douhi - 2003

2.15 – PERFIL TRANSVERSAL DA BACIA E PERFIL LONGITUDINAL DO RIO XAXIM

A elaboração destes perfis consistiu na compilação das variações altimétricas e os respectivos valores em distância. Foi utilizada uma carta hipsométrica com equidistâncias de 5 metros. No perfil longitudinal também estão representados o nível de margens plenas, extraído de levantamentos topográficos da Prefeitura Municipal, e cota máxima da lâmina d'água, calculada com base nos acompanhamentos das variações do nível do rio Xaxim nos períodos de 2000 - 2003. Os perfis foram editados com base na Carta Hipsométrica no *software Auto Cad 2000*.

2.16 - DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES

As vazões foram determinadas com base no método de cálculo de velocidades, com flutuador artificial apresentado por Pierre (1997), que consiste na definição de pontos de referência nas margens do rio, cronometrando o tempo de percurso da distância estabelecida. Para aferir os resultados, também foram obtidos valores de vazão com base em medidas de velocidades feitas com molinete. A vazão obtida pelo método do flutuador será obtida pela equação da continuidade:

$$Q = V \cdot A$$

$$Q = \frac{C}{T} \cdot (L \cdot P)$$

$$Q = \frac{L \cdot P \cdot C}{T}$$

Onde: Q = Vazão;

V = Velocidade média do escoamento;

A = Área da seção transversal;

L = Largura média;

P = Profundidade média;

C = Comprimento da seção de referência;

T = Tempo médio de percurso.

2.17 - DETERMINAÇÃO DAS VARIAÇÕES DO NÍVEL DO RIO XAXIM

Os dados referentes às variações diárias de nível do rio foram obtidos por meio de uma régua fluviométrica instalada próximo à confluência do rio Xaxim com o arroio Belica (Figura 1).

A régua fluviométrica (Figura 7) consiste num equipamento confeccionado em madeira com dispositivos de coleta de água de um centímetro de diâmetro, fixados na diagonal e uma trena acoplada que determina o nível máximo atingido pela lâmina d'água. A régua foi colocada dentro de uma caixa de madeira, com tampa removível em sua extremidade superior e furos nas laterais para permitirem a passagem da água, garantindo assim a medida do nível atingido pela lâmina d'água. A instalação foi feita, fixando uma haste de madeira no leito do rio com concreto e, a esta, a caixa onde está a régua. A régua foi colocada com base na determinação do nível médio do rio. O local de instalação apresenta as características mais comuns do rio, como: largura, velocidade, profundidade e forma de canal bem representativos. As medidas de nível do rio obedeceram aos mesmos intervalos das medidas do pluviômetro, permitindo assim uma correlação e análise integrada dos dados.

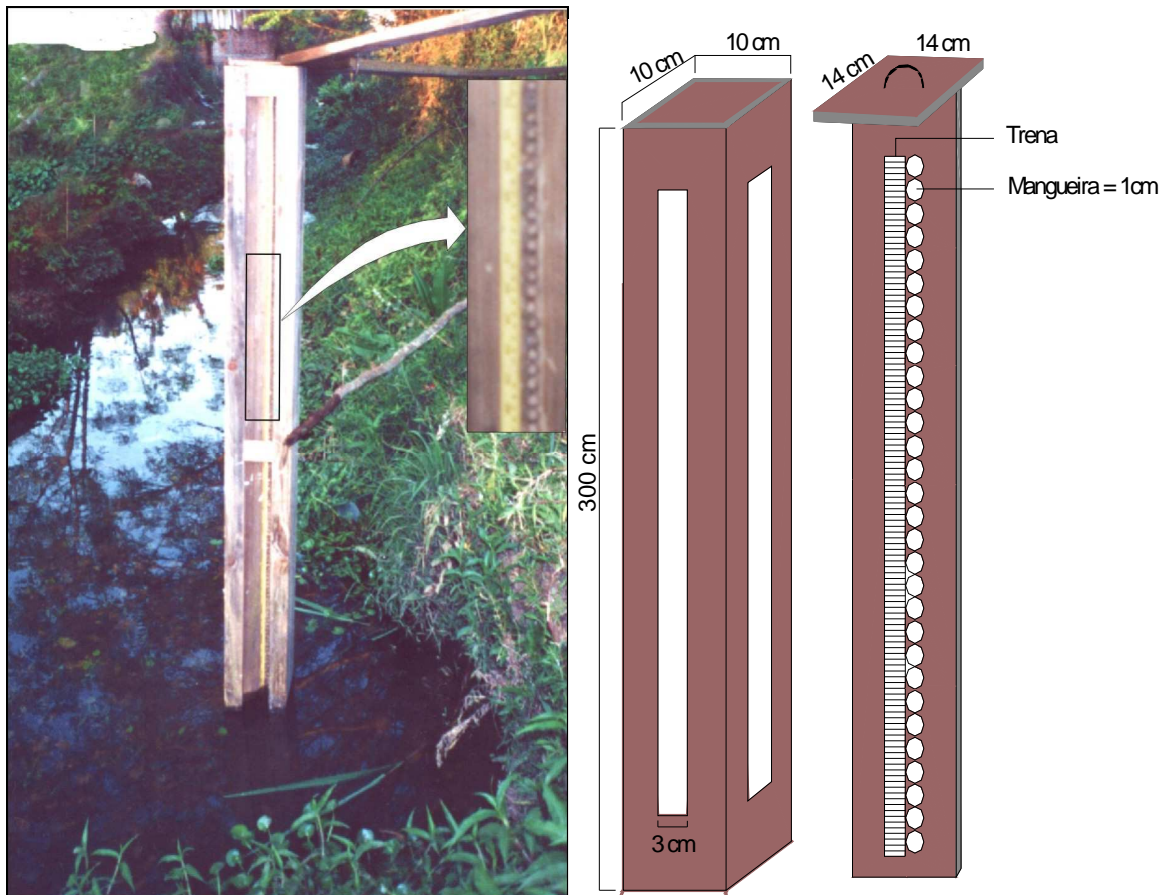


Figura 7: Régua fluviométrica com leitura de máximas diárias. Foto: Nelson Douhi - 2003

2.18 – RELAÇÃO PRECIPITAÇÃO - VAZÃO

A análise associando os dados de precipitação e as variações de vazão foram realizadas em duas etapas. A primeira consistiu na conversão das variações de nível diário em vazão diária, que se deu por meio da associação das variações de nível do rio Xaxim aos intervalos dos valores de vazões, obtidos por meio de acompanhamentos e medidas realizadas em diversos níveis. A segunda, consistiu na aplicação do modelo hidrológico “SMAP”, o qual baseado na vazão calculada e nos valores de precipitação, forneceu a vazão estimada da bacia, comparando-a com dados observados em campo. Além dos valores de vazão o programa também forneceu dados de evaporação potencial, percentuais de umidade, escoamento superficial, recarga, deflúvio calculado e armazenamento do período. Porém estes dados não foram apresentados no trabalho, visto que alguns apresentaram distorções, as quais ocorreram por se tratar de uma bacia hidrográfica pequena e bastante urbanizada.

2.18.1 - METODOLOGIA DO MODELO “SMAP”

O modelo SMAP (Soil Moisture Accounting Procedure) é um modelo determinístico de simulação hidrológica do tipo transformação chuva-vazão. Foi desenvolvido em 1981 por Lopes J.E.G.; Braga B.P.F. e Conejo J.G.L.; e apresentado no International Symposium on Rainfall-Runoff Modeling realizado em Mississippi; U.S.A. e publicado pela Water Resources Publications (1982).

O desenvolvimento do modelo baseou-se na experiência com a aplicação do modelo Stanford Watershed IV e modelo Mero em trabalhos realizados no DAEE- Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo.

O modelo SMAP (versão diária); tem a seguinte descrição:

É constituído de três reservatórios matemáticos; cujas variáveis de estado são atualizadas a cada dia da forma:

$$RSOLO (i+1) = RSOLO (i) + P - ES - ER - REC$$

$$RSUP (i+1) = RSUP (i) + ES - ED$$

$$RSUB (i+1) = RSUB (i) + REC - EB$$

onde: RSOLO = reservatório do solo (zona aerada)

RSUP = reservatório da superfície da bacia

RSUB = reservatório subterrâneo (zona saturada)

P = chuva

ES = escoamento superficial

ED = escoamento direto

ER = evapotranspiração real

REC = recarga subterrânea

EB = escoamento básico

inicialização: $RSOLO (1) = TU_{in} \cdot sat$

$$RSUP (1) = 0$$

$$RSUB (1) = EBin / (1-k) / Ad * 86.4$$

onde: TU_{in} = teor de umidade inicial (ad.)

$EBin$ = vazão básica inicial (m^3/s)

Ad = área de drenagem (km^2)

O modelo é composto de 5 funções de transferência:

1- Se $(P > ai)$ Então $s = sat - rsolo$

$$ES = (P - ai) ^ 2 / (P - ai + s)$$

Caso contrário $ES = 0$

2- Se $(P - ES) > ep$

Então $ER = ep$

Caso contrário $ER = (P - ES) + (ep - (P - ES)) * TU$

3- Se $RSOLO > (capc * str)$

Então $REC = crec * TU * (RSOLO - (capc * sat))$

Caso contrário $REC = 0$

4- $ED = RSOLO * (1 - k^2)$

5- $EB = RSUB * (1 - kk)$

sendo: $TU = RSOLO / sat$

São 6 os parâmetros do modelo:

sat - capacidade de saturação do solo (mm)

k_2 - constante de recessão do escoamento superficial (dias) $crec$ - parâmetro de recarga subterrânea (%)

a_i - abstração inicial (mm)

capc - capacidade de campo (%)

k - constante de recessão do escoamento básico (dias).

Foram ajustadas as unidades dos parâmetros:

$k = (.5)^{(1/kk)}$ onde kk é expresso em meses em que a vazão básica cai à metade de seu valor. $crec$ e TU são multiplicados por 100.

O eventual transbordo do reservatório do solo é transformado em escoamento superficial.

Finalmente o cálculo da vazão é dado pela equação:

$$Q = (ES + EB) * Ad / 86.4$$

Os dados básicos do modelo são os totais diários de chuva e o total diário médio do período de evaporação potencial (tanque classe A). Para calibração são necessários de 30 a 90 dias de dados de vazão média mensal, incluindo eventos de cheia.

Existe um coeficiente de ajuste da chuva média da bacia ($pcof$) que deve ser calculado em função da distribuição espacial dos postos. A obtenção deste coeficiente se deu com base no método de Thiessen, já descrito anteriormente no item 2.12.

3 - DISTRIBUIÇÃO DOS SOLOS DA BACIA

3.1 – CONDIÇÕES E FATORES IMPERANTES NA FORMAÇÃO DO SOLO E DE SUAS CARACTERÍSTICAS

A bacia hidrográfica do rio Xaxim encontra-se no Domínio Pedobioclimático do Planalto das Araucárias, apresentando temperaturas mais baixas que outras regiões do Brasil, deficiência hídrica menor e solos com altos teores de matéria orgânica e Al trocável. Ocorrem também em entalhamentos de vales, solos muito férteis (RESENDE *et al.* 2002).

Estão presentes na área em estudo diferentes domínios de solos, alguns alterados pelas ações antrópicas e outros mais preservados, onde se mantém uma política de preservação. Nesse contexto Ruellan (1988) *in* Nóbrega e Cunha (2001) apresenta duas justificativas para o estudo do solo que se impõem. A primeira é estritamente pedológica: refere-se à importância fundamental da aplicação do conceito de solos como um meio organizado e estruturado no desenvolvimento das pesquisas sobre os solos e seu uso. A segunda concerne à precisão que se deve exigir no estudo pedológico, afim de que se tenha um desenvolvimento científico adequado e que garanta sua aplicabilidade.

Dentro do contexto de apropriação e função, o solo desempenha várias funções que são vitais para a vida e à atividade humana, tais funções são representadas pela manutenção biológica, alimentar, filtro, além de se constituir em materiais de construção. O conhecimento de tais funções e principalmente a capacidade dos solos desempenharem tais funções depende de um estudo detalhado, que apresente suas aptidões e fragilidades. É importante também o conhecimento das características dos solos, as quais são apresentadas de forma clara na definição de solo citada por BIGARELLA *at al.* 1996, onde o solo é considerado como material mineral e/ou orgânico inconsolidado, poroso, finamente granuloso, com natureza e propriedades particulares, herdadas da interação de processos pedogenéticos com fatores ambientais envolvendo as variáveis: material de origem, clima organismos vivos, relevo e tempo.

É importante ressaltar que parte das características pretéritas dos solos, já foram modificadas pela ação do homem em vários aspectos, desde o uso para agricultura, uso para criação de gado e até o mais impactante que é a instalação das cidades, fator de ampliação da problemática do uso do solo.

As variações da distribuição dos tipos de solos estão diretamente ligadas às características da paisagem, como: às formas das vertentes, à forma do relevo e ao padrão

de drenagem. Sendo assim a posição topográfica, juntamente com a declividade, ruptura de declive e a vegetação, que é dependente do solo, constituem indicadores seguros no mapeamento das unidades de solo (RESENDE *et al.*, 2002).

Para o entendimento da distribuição e a classificação dos solos existentes na área em estudo, faz-se necessário o entendimento de como os solos se distribuem na paisagem e as influências dos principais processos formadores. Dentre os processos o relevo desempenha um papel importante na formação dos solos, influenciando na drenagem interna e externa do solo, bem como modificando as condições microclimáticas locais onde os solos se desenvolvem. Para Casseti (1991) o processo geomorfológico compreende todos os elementos endógenos e exógenos responsáveis pelas ações evolutivas das vertentes, tais fenômenos são responsáveis pela esculturação do relevo. As classes de relevo apresentam combinações ou predominância das diferentes formas que a superfície do solo pode assumir, o que tem influência direta na instalação e na intensidade dos processos nas diversas unidades topográficas (LARACH *et al.*, 1984). O relevo também tem grande influência na distribuição dos solos ao longo da vertente, na espessura, na diferenciação dos horizontes, na dinâmica da água e no acúmulo da matéria orgânica. Tais influências ficam mais evidentes nos estudos em toposseqüências, as quais resultam das combinações de microclima, pedogênese, processos geológicos e geomorfológicos e das ações antrópicas.

O fator climático exerce um papel muito importante na formação dos solos e na diferenciação das características. As condições climáticas têm participação diferenciada em cada porção de território, fator que possibilita a ocorrência de solos com características similares em áreas de formações geológicas e características geomorfológicas distintas. A atividade biológica por sua vez, tem relação direta com a matéria orgânica, a qual é de natureza e quantidade diferentes em cada região. Em função da quantidade de matéria orgânica, da umidade, aeração, temperatura e reação do solo, além de energia e nutrientes é que teremos uma atividade baixa ou alta dos microorganismos. A atividade bioclimática é apresentada por Resende *et al.* (2002), como responsável pela seqüência de idades dos solos (cronosseqüência), considerando que quando a atividade bioclimática for menos intensa, desde que a topografia seja a mesma, o solo será mais novo no seguimento do topo a em direção a baixa vertente. Da mesma forma que a intensidade da atividade bioclimática pode modificar a idade relativa ou o grau de intemperismo de um solo, os outros fatores de formação de solo, como material de origem e tempo tem sua influência.

As propriedades dos solos variam verticalmente ao longo do perfil e lateralmente de acordo com a posição na vertente. Isso se dá em função dos processos físico-químicos instalados e comandados principalmente pela drenagem, assim como pela declividade da vertente, onde a infiltração, o escoamento superficial e a erosão têm uma participação direta. Assim, segundo Dokuchaiev (1988) *in* Boulet (1988), a morfologia de cada solo corresponde a uma seção vertical dos seus diferentes horizontes e reflete os efeitos conjuntos dos fatores genéticos específicos responsáveis pela sua formação.

Os trabalhos realizados por Queiroz Neto (1969) e Queiroz Neto *et al.* (1973) buscando estabelecer relações entre tipos de solos e superfícies geomorfológicas, embora tenham contribuído significativamente para o avanço dos estudos pedológicos, demonstraram a necessidade de uma melhor caracterização morfológica das seqüências de perfis, apontando para necessidade de estudos do solo no conceito de toposseqüência, apresentado de forma conceitual por Boulet (1988). A integração das informações geológicas, geomorfológicas e pedológicas permite uma maior compreensão da evolução dos solos no espaço e no tempo, assim como possibilita relacionar os processos pedogenéticos com as demais variações ambientais.

Dentro da perspectiva de análise integrada dos elementos componentes da bacia hidrográfica, em específico os ligados às características dos solos, foram realizadas duas toposseqüências, alocadas uma na margem esquerda (Pousinhos) e outra na margem direita (Boiko) do rio Xaxim. O objetivo de se fazer o levantamento de duas toposseqüências, teve como base a diferenciação morfológica do relevo e as características litológicas nas vertentes.

3.2 - CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS NA TOPOSSEQÜÊNCIA POUSINHOS

A toposseqüência Pousinhos (Figura 8) localizada à margem esquerda do rio Xaxim (Figura 1), apresenta uma topografia ondulada com o topo convexo e uma elevação na média-alta-vertente que forma um pequeno topo. Nessa porção o solo é raso, em razão da menor infiltração e menor intemperização da rocha, considerando que a área do topo é pequena e a declividade do entorno é alta. A partir da meia vertente a declividade torna-se mais acentuada com topografia ondulada e com convexidade pouco marcada, tornando à convexa na baixa vertente.

O rio nesse trecho apresenta-se bem encaixado, com margens protegidas por gramíneas e vegetação arbustiva. Os usos do solo nessa topossequência variam de capoeira na alta vertente, mata secundária na média-alta-vertente.

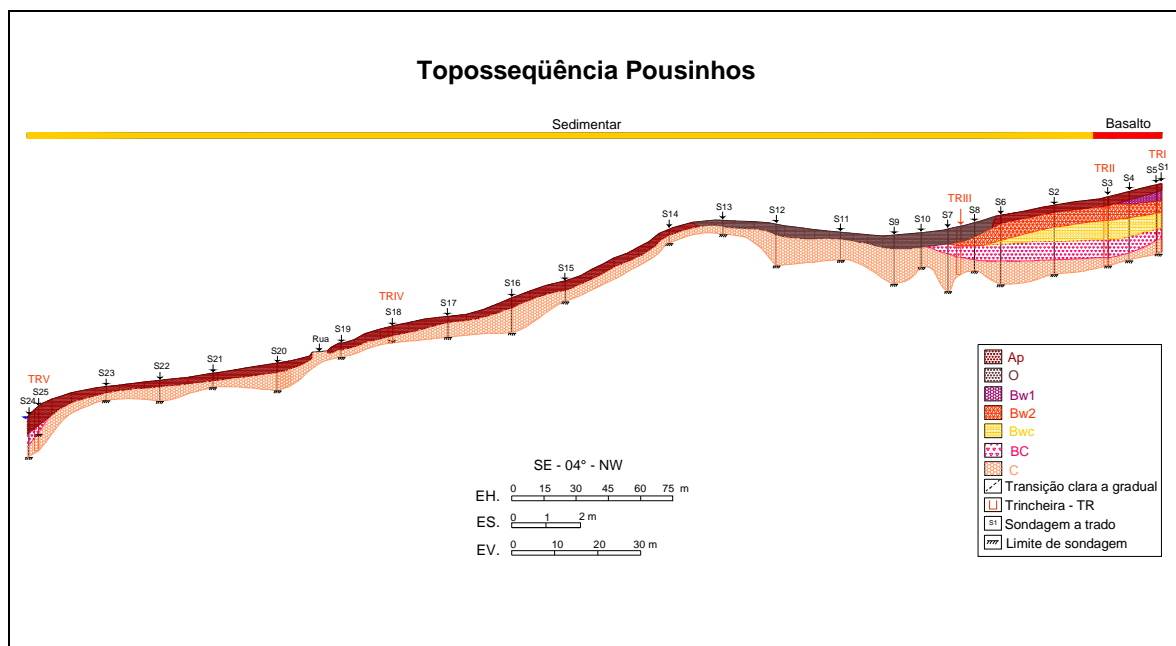


Figura 8: Toposequência Pousinhos situada na margem esquerda do rio Xaxim

Tais condições não causam degradação do solo e influenciam positivamente nos processos ligados à drenagem e ao sistema hidrológico (CASSETI, 1991). No entanto, na média e baixa vertente predomina agricultura mecanizada, a qual deixa o solo descoberto em épocas do cultivo e influencia nos processos de infiltração e erosividade. Isso ocasiona um aumento dos fluxos superficiais e conseqüentemente na perda de solos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990). Os levantamentos de campo e as análises de laboratório permitiram identificar os seguintes tipos de solos: Latossolo Vermelho Escuro no topo, Vermelho Amarelo na alta vertente, Cambissolo na média-alta-vertente, Neossolos Litólicos na média e baixa vertente e solos aluviais nas margens do rio. Os horizontes apresentam-se organizados sem truncamentos entre as camadas, exceto o (BC), onde os limites de transição tornam-se graduais. As profundidades dos horizontes apresentam-se mais delgadas no topo, variando em razão da declividade, à medida que a inclinação aumenta ocorre um suave aprofundamento do horizonte superficial, que está em maior parte da vertente sobre a racha alterada (C).

Os horizontes identificados na topossequência Pousinhos foram: 1) horizonte (Ap) quando em Latossolo, apresenta transição clara e plana, estrutura subangular, cor predominante 2,5YR 3/4, poros médios (Muito pequenos: inferiores a 1mm de diâmetro,

Pequenos: de 1 a 2mm, Médios: de 2 a 5mm, Grandes: de 5 a 10mm e Muito grandes: superiores a 10mm) consistência solta e atividade biológica comum. Nas áreas com Neossolos Litólicos apresenta transição clara e ondulada, estrutura granular a subangular, cor predominante 10YR 3/3, poros médios, consistência ligeiramente dura e atividade biológica abundante; 2) horizonte (O) apresenta transição gradual e plana, estrutura granular, com material em decomposição, cor predominante 10YR 4/3, poros grandes, consistência macia e atividade biológica abundante; 3) horizonte (Bw1) presente apenas no topo da vertente, apresenta transição clara e plana, estrutura subangular, cor predominante 2,5YR 3/4, poros médios, consistência solta e atividade biológica comum; 4) horizonte (Bw2) apresenta transição gradual e ondulada, estrutura subangular, cor predominante 2,5YR 3/4, poros médios, consistência macia e pouca atividade biológica; 5) horizonte (Bwc) apresenta transição clara e plana, estrutura subangular, cor predominante 2,5YR 4/6, poros médios, consistência ligeiramente dura e pouca atividade biológica. Apresenta uma linha de concreções ferruginosas e seixos constituídos por quartzo, que desaparecem para jusante; 6) horizonte (BC) apresenta transição gradual e ondulada, estrutura subangular, cor predominante 2,5YR 4/6 com mosqueamento 10YR 6/4, poros pequenos, consistência ligeiramente dura e pouca atividade biológica. 6) horizonte (C) sem estrutura, cor predominante 10YR 4/8 com mosqueamento 2,5YR 4/6, poros pequenos, consistência dura e sem atividade biológica.

Na baixa vertente junto à margem do rio, os horizontes apresentam características aluviais como o aumento no percentual da areia e do silte e a redução do teor de argila nos horizontes superficiais. Também ocorrem características de hidromorfia em função das oscilações do nível do rio. A transição dos horizontes torna-se gradual e ondulada com presença de concreções e mosqueamentos.

3.3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA TOPOSEQUÊNCIA POUINHOS

Nas análises granulométricas (Figura 9) verificou-se que nas TR1 e TR2 localizadas no topo da vertente, há um alto percentual de argila nos horizontes superficiais com pequena redução em profundidade e um sensível aumento do silte. A fração areia muito fina é predominante, porém com teor muito baixo. Os altos percentuais da fração argila acima de 70% são atribuídos a solos originados de rochas vulcânicas existentes apenas no topo da vertente (Figura 10).

Esta variação litológica confere ao solo desta vertente, características típicas de solos originados em rochas ígneas, como: matiz 2,5YR, teor de argila superior a 70%, presença de nódulos de argila, concreções ferruginosas e seixos constituídos por quartzo que variam de 0,3 a 1cm de diâmetro.

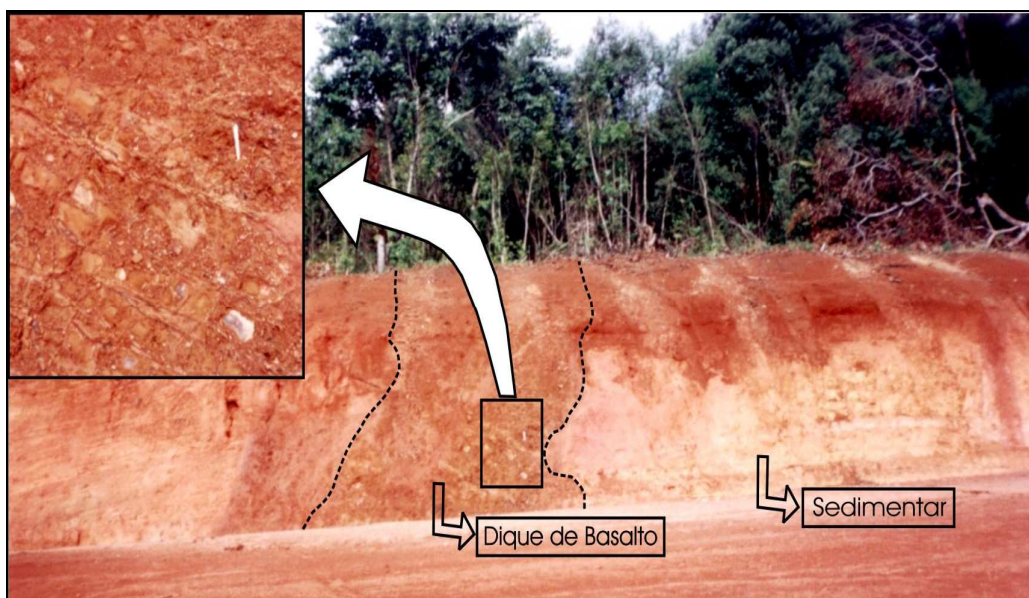


Figura 10: Diferenciação litológica representada por dique de rocha basáltica que está inserido à rocha sedimentar, comum em topos com maior altitude. Foto: Nelson Douhi - 2003

A partir da TR3 localizada na média-alta-vertente a fração argila diminui para cerca de 50%, aumentando a fração silte para cerca de 45%. Na TR4 verifica-se uma redução do percentual de argila para cerca de 46%, mantendo o percentual de silte em torno de 45%. Na TR5 predomina a fração silte com cerca de 51% com redução do percentual de argila para cerca de 40% e aumento das frações de areia nos horizontes superficiais. Este comportamento evidencia as características de solos poucos desenvolvidos e perfis pouco profundos.

Na toposseqüência Pousinhos ocorre o predomínio da fração areia muito fina e fina nas TR1, TR2 e TR2 onde os solos são mais desenvolvidos. As frações de areia média e grossa são praticamente inexpressivas. Nas TR4 e TR5, embora, predominem as frações areia muito fina e fina, a distribuição entre as demais classes de areia torna-se mais equilibrada, justificada pela ocorrência de Neossolo Litólico. Os percentuais de areia se mantém bem estáveis até a TR5, a partir da qual em direção à jusante é verificado um sensível aumento da fração areia nos horizontes superficiais e uma significativa redução à medida que aumenta a profundidade.

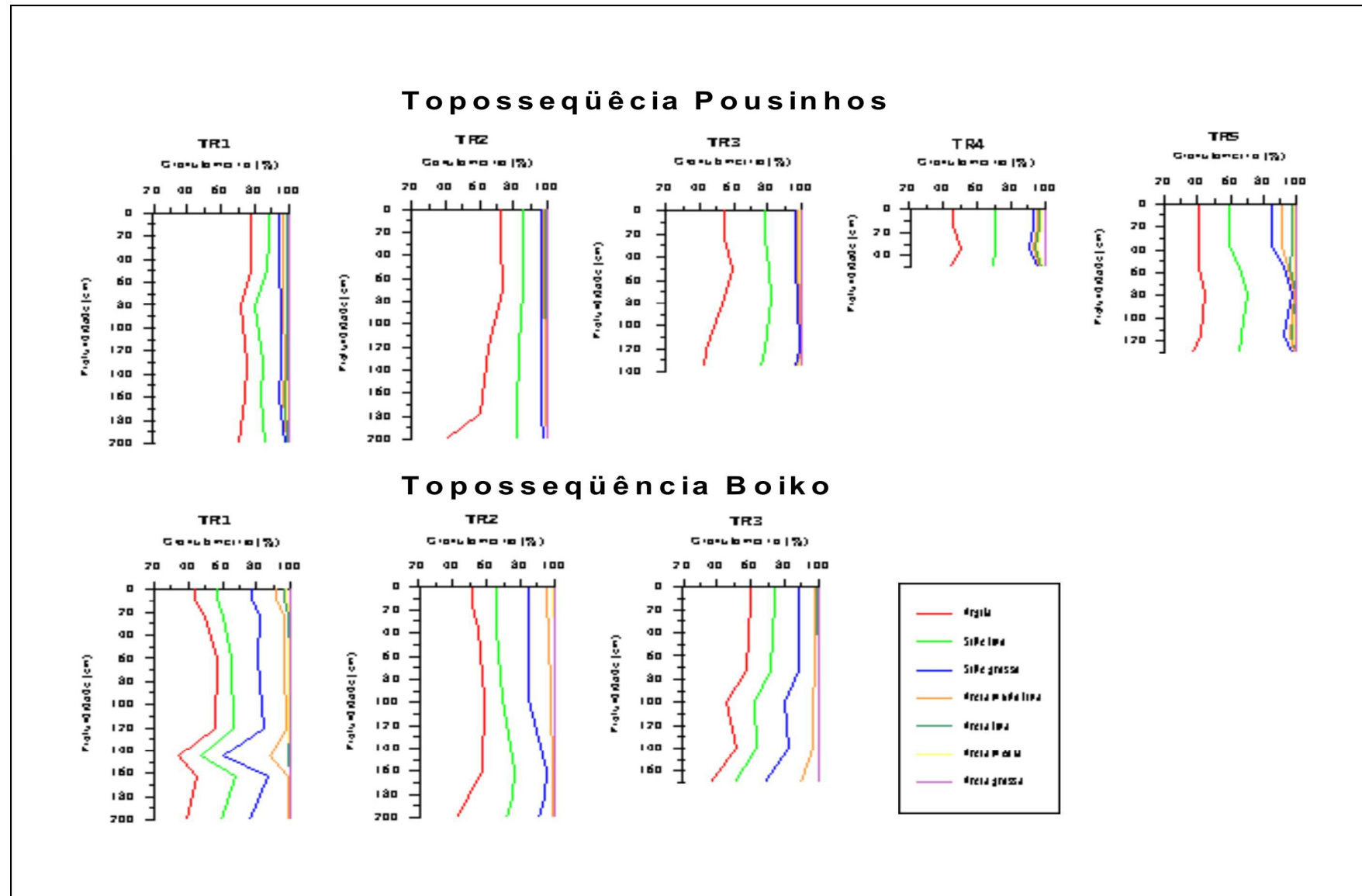


Figura 9: Distribuição granulométrica dos perfis nas toposseqüências

O predomínio da fração areia muito fina, se deve às rochas sedimentares, das Formações Terezina-Serrinha e Rio do Rastro, constituídos por siltitos e argilitos com intercalações de arenitos de granulometria muito fina.

3.4 - CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS NA TOPOSSEQÜÊNCIA BOIKO

A toposseqüência Boiko (Figura 11) localizada na vertente da margem direita do rio Xaxim (Figura 1), apresenta uma topografia suavemente ondulada no topo a ondulada na média-baixa-vertente, com topo convexo e perfil retilíneo na meia vertente, tornando-se convexa na baixa vertente.

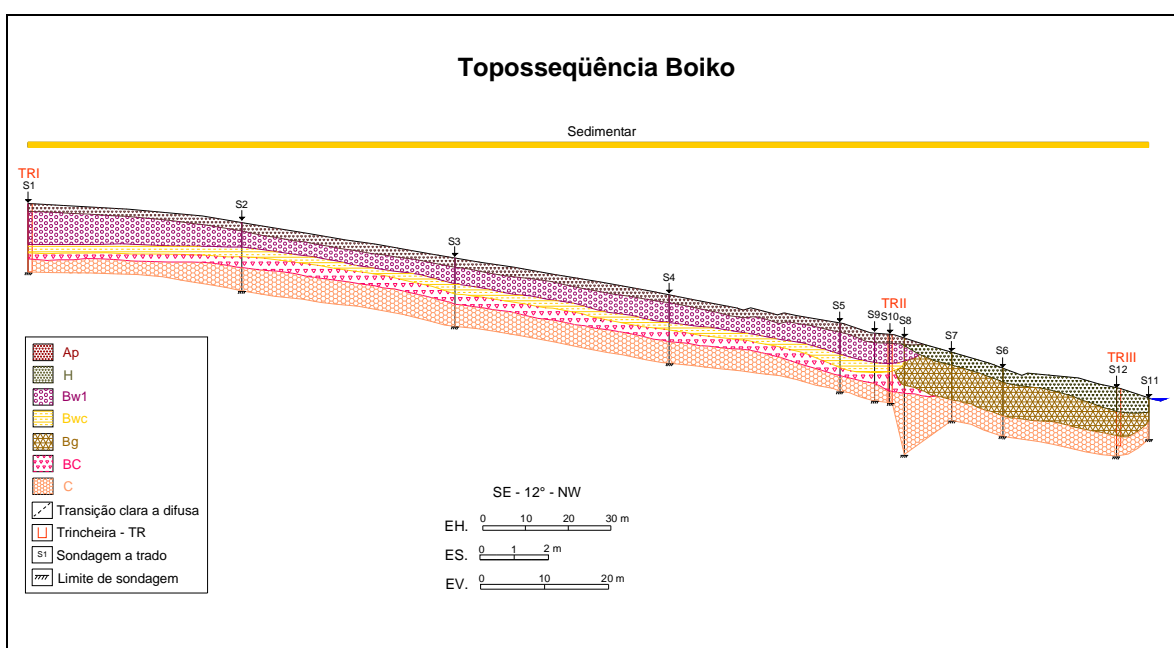


Figura 11: Toposseqüência Boiko localizada na margem direita do rio Xaxim

Neste setor se localiza uma das nascentes do rio Xaxim, com ocorrência de algumas áreas alagadiças que interferem diretamente nas variações do lençol freático, condicionantes à ocorrência de hidromorfia na baixa vertente. Ocorrem também na baixa vertente, pequenas feições originando depressões que permanecem temporariamente úmidas. Estes tipos de feições são denominados de microrelevos, por Ranzani (1968), por ocuparem pequenas áreas do relevo e apresentarem diferenças de cotas inferiores a 1,5 metros. O uso do solo em toda toposseqüência compreende a área de pastagem com criação de bovinos e eqüinos, fator relevante no aspecto da compactação do horizonte superficial e na redução da infiltração conforme Sudo (2000).

Na topossequência Boiko foram identificados os solos: Latossolo Vermelho Amarelo do topo a média-baixa-vertente e Gleissolos com alto percentual de matéria orgânica na baixa vertente, com predomínio dos seguintes horizontes: 1) horizonte (Ap) presente em toda área com características de Latossolo Vermelho Amarelo. Apresenta transição clara e ondulada, estrutura angular, cor predominante 10YR 3/3, poros médios, consistência ligeiramente dura e atividade biológica abundante; 2) horizonte (H) apresenta transição difusa e irregular, estrutura granular com características orgânicas, cor predominante 10YR 2/1, poros médios, consistência solta e atividade biológica comum; 3) horizonte (Bw1) apresenta transição gradual e ondulada, estrutura subangular, cor predominante 10YR 3/4 com mosqueados 7,5YR 4/6, poros grandes, consistência ligeiramente dura e pouca atividade biológica. 4) horizonte (Bwc) apresenta transição clara e plana, estrutura subangular, cor predominante 2,5YR 4/6, poros grandes, consistência ligeiramente dura e pouca atividade biológica. Apresenta grande quantidade de macroporos de 0,5 a 3cm de diâmetro e fragmentos de rocha calcária e seixos constituídos por quartzo, que desaparecem para jusante, quando o solo adquire características de hidromorfia; 5) horizonte (BC) apresenta transição clara e ondulada, estrutura subangular, cor predominante 10YR 4/8 com mosqueamento 5YR 5/8, poros pequenos, consistência ligeiramente dura e sem atividade biológica; 6) horizonte (Bg) apresenta transição clara e ondulada, estrutura prismática, cor predominante 10YR 6/1 com mosqueamento 2,5Y 6/6, poros pequenos, consistência macia e sem atividade biológica. Apresenta forte gleização e fendas com espessura de até um centímetro preenchidas com areia lavada. 7) horizonte (C) sem estrutura, cor predominante 10YR 7/3 com mosqueamento 5YR 5/6, poros pequenos, consistência dura e sem atividade biológica.

Nos limites definidos como Latossolo Vermelho Amarelo os horizontes apresentam-se organizados paralelos ao relevo, sem truncamentos entre as camadas, exceto o (BC), onde os limites de transição tornam-se graduais. As variações de espessuras dos horizontes são relativamente estáveis, sendo que no topo o horizonte (Bw1) apresenta-se mais delgado, reduzindo na média vertente onde se torna mais espesso o horizonte (BC). A partir da média-baixa-vertente, até a margem do rio (área alagadiça), ocorre o Gleissolo, periodicamente saturado por água onde predomina o fluxo lateral no solo através de fendilhamento. As fendas normalmente apresentam grande concentração de areia lavada. Segundo Manual de solos da EMBRAPA (1999), estes solos caracterizam-se pela forte gleização, em decorrência do regime de umidade redutor, que se processa em meio

anaeróbico, com muita deficiência ou mesmo ausência de oxigênio, devido ao encharcamento do solo por longo período ou durante o ano todo.

3.5 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA TOPOSEQUÊNCIA BOIKO

Nas análises granulométricas (Figura 10) verificou-se que na TR1 localizada no topo da vertente, o horizonte superficial apresenta em torno de 45% de argila, 33% de silte e 22% de areia. O teor de argila aumenta até 1,44 metros de profundidade, quando ocorre uma queda brusca nos percentuais da argila e do silte e um significativo aumento da areia. Esse comportamento é influenciado pela presença do horizonte (BC), com menor porosidade e estruturação que interfere na drenagem subterrânea e principalmente no movimento vertical da água, forçando-a a criar caminhos preferenciais na horizontal. São encontrados no perfil, macroporos com diâmetros que variam de 0,5 a 3cm, preenchidos com areia lavada. Estes macroporos acabam interferindo diretamente na circulação da água e nas características do perfil de solo. Na TR2 localizada na média-baixa-vertente, a distribuição granulométrica obedece às mesmas características da TR1, com cerca de 52% de argila, 37% de silte e 11% de areia. Porém, não apresenta redução abrupta nos percentuais de argila e silte e aumento da areia em profundidade. A partir da TR2 até a TR3, ocorre um aprofundamento do horizonte superficial húmico e o aparecimento do horizonte (Bg) com características de hidromorfia. Na TR3 ocorre um aumento da fração argila para cerca de 60% no horizonte superficial, reduzindo em profundidade onde ocorre o aumento da fração silte e areia. As análises quanto à classe das areias, demonstraram o predomínio da fração areia muito fina e fina nas três trincheiras, ficando as classes areia média e grossa praticamente inexpressivas.

Os levantamentos e análises realizadas para caracterização da morfologia dos solos da Topossequências Pousinhos e Boiko, demonstraram uma grande importância da estrutura geológica nos aspectos granulométricos do solo, tanto nas frações argila e silte, quanto na distribuição das classes da areia muito fina e fina predominantes nos perfis analisados.

O conhecimento da distribuição dos solos e suas características, vai além da necessidade científica, pois representa um mecanismo necessário para que a sociedade possa fazer seu uso de forma adequada, respeitando suas aptidões e fragilidades. Permite também a implementação de medidas de controle quanto à ocupação dos solos em áreas urbanas, sendo que destas resulta o (des) equilíbrio ambiental da bacia hidrográfica.

4 – GEOMORFOLOGIA DA BACIA

A área em estudo está inserida na unidade estrutural da Bacia Sedimentar do Paraná na subdivisão do 2º Planalto paranaense. Apresenta em sua estrutura Geológica as Formações Sedimentares do Grupo Passa Dois: Terezina e Rio do Rastro “Permiano” e diques constituídos por rochas magmáticas da Formação Serra Geral do Grupo São Bento “Juro-Cretáceo”. Os diques afloram basicamente nos topos dos divisores principais, contribuindo na diferenciação morfológica das unidades maiores. Nas porções intermediárias das vertentes ocorrem praticamente as formações sedimentares, fator que contribui para uma certa homogeneidade morfológica.

Para representação geomorfológica (Figura 12) optou-se pelo 5º táxon da metodologia proposta por Ross (1996) no qual as formas do relevo são estudadas de forma individualizada nas vertentes. A representação corresponde à combinação de letras maiúsculas e minúsculas que representam os setores das vertentes e sua morfologia.

- Vertentes retilíneas (Vr): predominam na parte central e sudoeste da bacia. São as formas dominantes na vertente direita da bacia e ocupam segmentos de média alta a baixa vertente. O relevo é pouco dissecado e a declividade varia entre 3 e 12% da média-alta para baixa vertente e entre 0 e 3% na baixa vertente. Os solos são mais espessos com predomínio do Cambissolo e o Latossolo Vermelho Amarelo, podendo ser encontrado o Gleissolo em áreas onde a drenagem é deficiente.
- Vertentes convexas (Vc): são as formas de relevo predominantes na bacia do rio Xaxim e representam principalmente segmentos intermediários da alta para média vertente, mas em alguns casos essa morfologia se mantém em toda vertente. Predominam nesta unidade os processos morfogenéticos influenciados pela ação erosiva que tornam o relevo mais dissecado. A declividade varia entre 8 e 20% e condiciona o desenvolvimento de solos rasos com predomínio dos Cambissolos e Neossolos Litólicos.

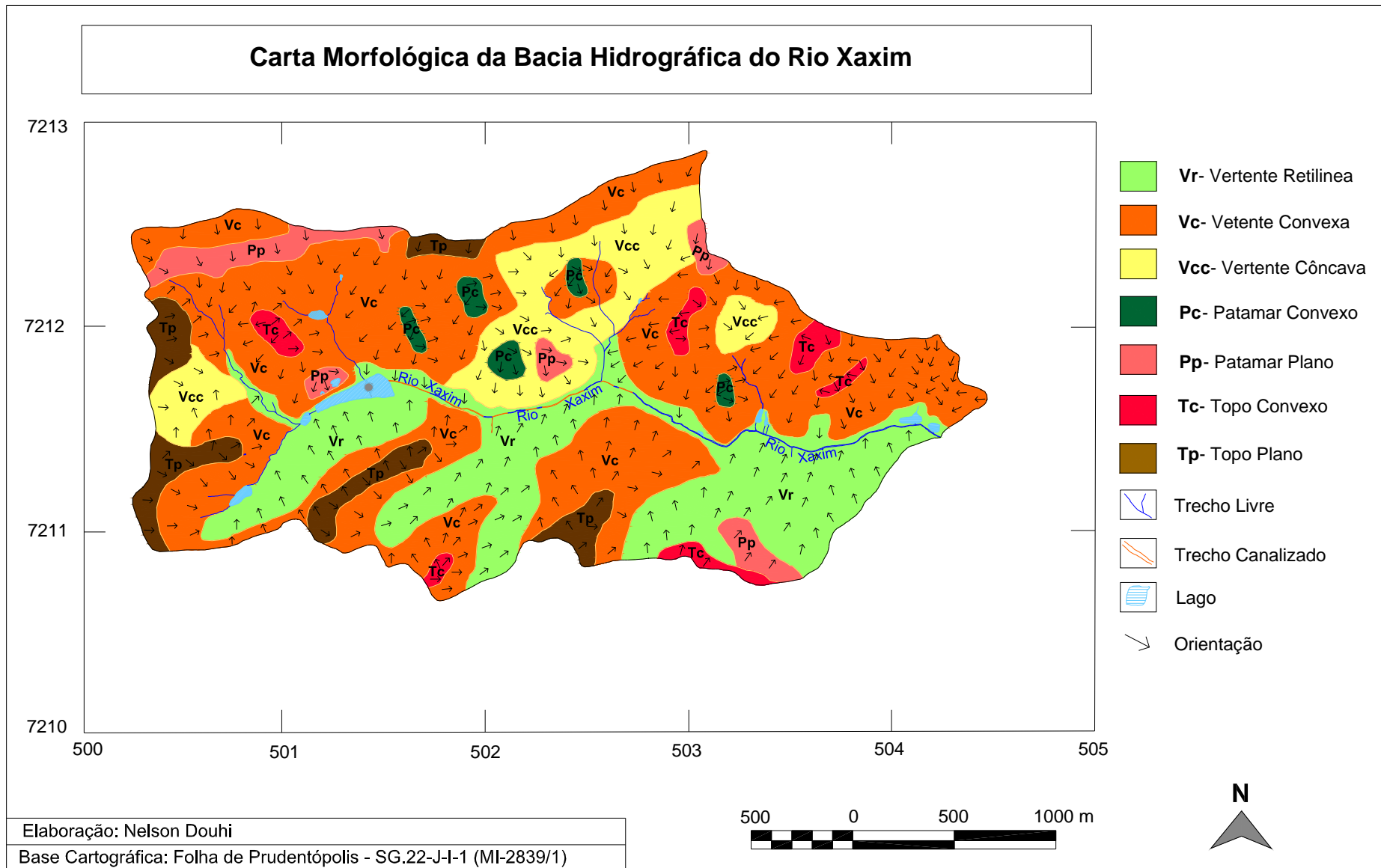


Figura 12: Carta geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Xaxim

- Vertentes côncavas (Vcc): estas formas estão presentes na parte superior e central da bacia, basicamente na vertente esquerda. Apresentam caráter convergente e têm como principais representantes os anfiteatros. As unidades côncavas associadas a ambientes climáticos úmidos favorecem a concentração de umidade e, conseqüentemente, aceleram os processos pedogenéticos. A porção central da bacia apresenta baixa declividade entre 0 e 8% e constitui uma zona de convergência da drenagem das sub-bacias do rio Xaxim. Os outros segmentos côncavos ocupam posições intermediárias da vertente e apresentam declividade que varia entre 8 e 12%. Os solos predominantes são o Cambissolo e o Latossolo Vermelho Amarelo.
- Patamar convexo (Pc): representam formas isoladas em porções intermediárias das vertentes. São de caráter escultural, visto que não apresentam variação estrutural e se destacam pelo aspecto mais elevado em relação às áreas periféricas. A declividade varia entre 3 e 12% com predomínio do Cambissolo.
- Patamar Plano (Pp): ocupam porções intermediárias das vertentes e se caracterizam por zonas de acumulação considerando que estas apresentam uma roptura na declividade, fator que reduz a velocidade dos fluxos superficiais e impede a erosão. São áreas com declividade entre 0 e 8% e solos mais espessos com predomínio do Latossolo Vermelho Amarelo.
- Topo convexo (Tc): são pequenas porções do relevo que resistem a ação de desgaste dos processos erosivos e se mantém numa posição mais elevada. Essa diferenciação do desgaste ocorre em alguns casos pela diferenciação estrutural e em outros pelo desgaste diferenciado da rocha. Há ocorrência de diques de rochas magmáticas, porém estes são mais expressivos nos topos que representam os divisores principais das bacias hidrográficas. A declividade varia entre 3 e 8% e predomina o Latossolo Vermelho Amarelo e Vermelho Escuro.
- Topos Planos (Tp): são formas de relevo mais amplas e estão presentes nos divisores principais da bacia do rio Xaxim. Apresentam baixa declividade entre 0 e 3% e solos bem espessos com predomínio do Latossolo Vermelho Amarelo e Vermelho Escuro. Há ocorrência de

“diques de rochas magmáticas” os quais conferem a estas unidades, solos com alto percentual de argila e maior resistência ao desgaste dos agentes erosivos.

4.1 - PROCESSOS MORFOLÓGICOS ATUAIS

Por se tratar de um ambiente urbano, faz-se necessário uma abordagem das intervenções antrópicas que modificam e recriam a morfologia. As modificações no relevo proporcionam o surgimento de formas de relevo tecnogênicas decorrentes de processos criados ou induzidos pela atividade humana os quais correspondem essencialmente ao sexto táxon, segundo a classificação proposta por Ross (1996). Esse táxon engloba as formas menores produzidas pelos processos morfogenéticos atuais e quase sempre induzidas pela ação humana como os sulcos erosivos, os cones de dejeção tecnogênicos e as cicatrizes de solapamento; ou as pequenas formas do relevo que se desenvolvem por interferência antrópica ao longo das vertentes como os cortes e os aterros.

De acordo com Peloggia (1998), a ação humana sobre a natureza tem conseqüências em três níveis: na modificação do relevo, na alteração da dinâmica geomorfológica e na criação de depósitos correlativos comparáveis aos quaternários (os depósitos tecnogênicos) devido a um conjunto de ações denominadas tecnogênese. Essas modificações associadas às demais características da bacia, muitas vezes resultam em problemas ambientais.

De maneira geral as alterações nas condições ambientais da bacia do rio Xaxim não apresentam problemas relacionados às condições geomorfológicas e geológicas. No entanto, as alterações morfológicas produzidas pelo crescimento urbano, associadas às demais características da bacia, já começam a apresentar modificações significativas na dinâmica hidrológica. Percebeu-se que associadas às características morfológicas, as ações antropogênicas vêm alterando a dinâmica natural da área de estudo, contribuindo na intensificação dos processos de vertentes, dos fluviais, de escoamento concentrado e de assoreamento.

4.2 - REPRESENTAÇÃO HIPSOMÉTRICA DA BACIA

A análise altimétrica é um instrumento importante, pois oferece uma primeira aproximação para o entendimento da bacia hidrográfica. Através desta análise, é possível a identificação de algumas características morfológicas, tais como: planícies de deposição, vales encaixados, topos, áreas de erosão, entre outras.

A Bacia Hidrográfica do rio Xaxim possui uma variação altimétrica de 75 metros, considerando que o ponto mais elevado está localizado a 815 metros e o mais baixo a 740 metros (Figura 14). Os pontos mais altos se localizam no setor NW da bacia, e seguindo à jusante até a confluência com o arroio Belica, onde estão localizados os pontos mais baixos, com média de 740 metros. A área com cota inferior a 740 metros ocupa apenas uma pequena parcela da bacia, sendo que nos divisores intermediários predominam altitudes que variam entre 760 e 780 metros. Os topos que correspondem aos níveis topográficos superiores dos divisores principais, apresentam altitudes acima de 800 metros.

A porção sudeste da bacia possui um relevo mais plano, com cotas que vão de 740 metros a 790 metros com tendência à suavização, que vai do sentido SW-NE, evidenciando-se numa zona de relevo retilíneo com baixa declividade. Já a porção oeste apresenta um relevo mais dissecado, com altitudes que variam de 760 a 815 metros, apresentando uma amplitude de 55 metros.

Verificou-se a ocorrência principalmente na porção noroeste da bacia, de um número significativo de topos. Esta diferença de altitude está relacionada com as diferentes litologias que formam este setor da bacia, como também a diferenciação no processo de erosão das camadas.

Quantitativamente a bacia do rio Xaxim tem a maioria de suas áreas compreendidas entre as altitudes de 760 a 780 metros, sendo que estas altitudes são encontradas principalmente na parte central e leste da bacia.

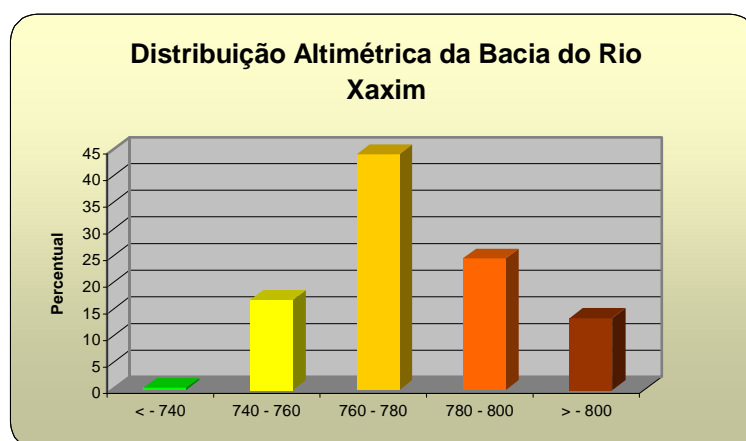


Figura 13: Distribuição altimétrica da bacia do rio Xaxim por percentual em relação à área total

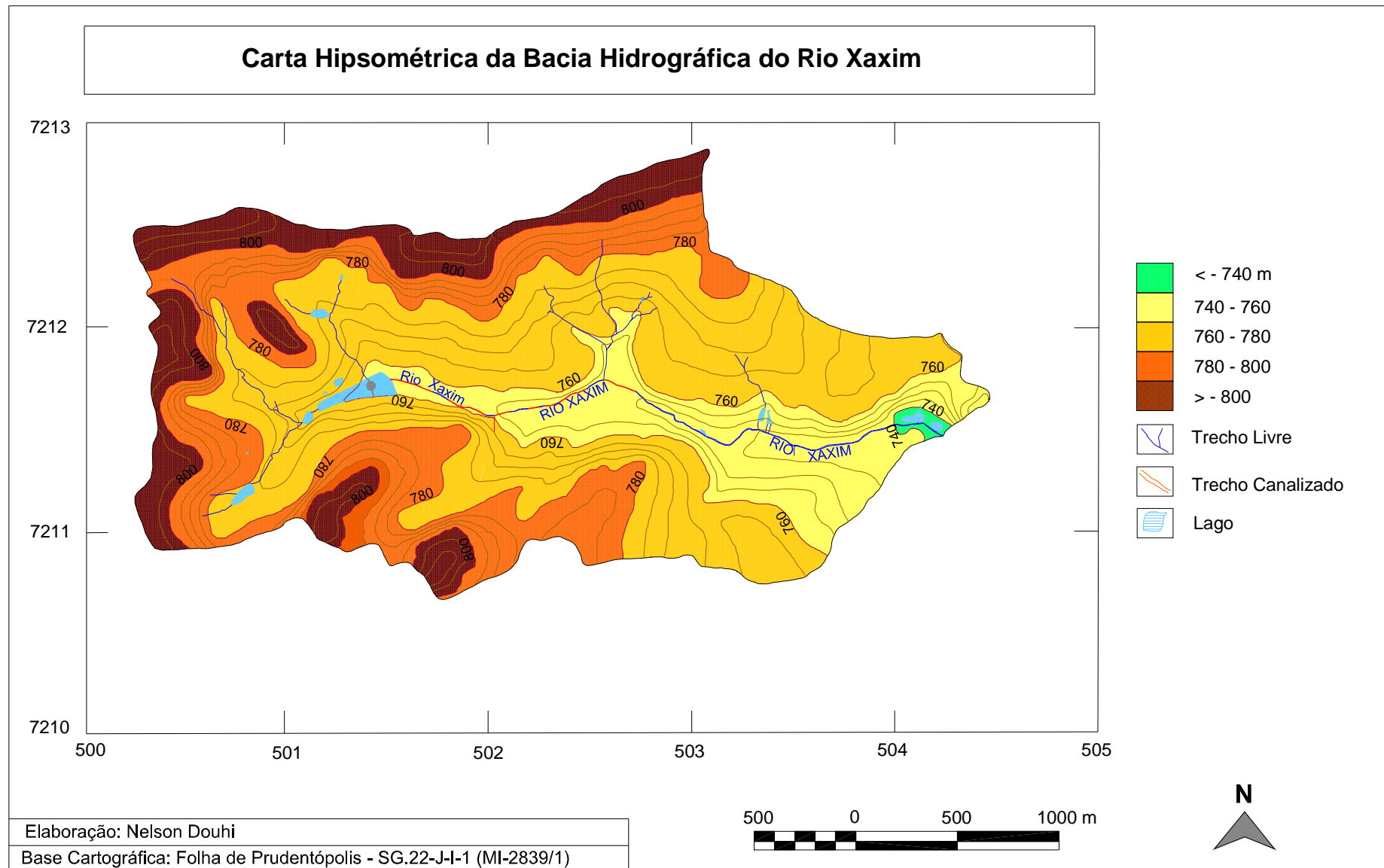


Figura 14: Carta hipsométrica da bacia hidrográfica do rio Xaxim

A área compreendida entre as cotas predominantes de 760 a 780 metros, representa 44,3%, seguida pelo intervalo entre 780 e 800m com 24,7% e 740 e 760m com 16,9% da área total. As áreas de topo, com altitudes superiores a 800m representam 13,5%, enquanto as áreas com altitudes inferiores a 740 m, representam apenas 0,5% do total da bacia (Figura 13).

4.3 – DECLIVIDADE DA BACIA

Segundo De Biasi (1992) *in* Zamuner (2001), a carta de declividade tem sido utilizada de maneira quase que obrigatória, nessas duas últimas décadas, em trabalhos ligados às Ciências da Terra, Planejamento Regional, Urbano e Agrário, juntamente com outras representações gráficas de variáveis como: orientação de vertentes, permitindo assim, com suas correlações, uma melhor compreensão e equacionamento dos problemas que ocorrem no espaço analisado. Aliada a outras variáveis, como cobertura vegetal e rugosidade do terreno a inclinação das encostas é responsável pela maior ou menor velocidade dos fluxos de água, que por sua vez, podem conduzir a atuação dos processos erosivos, entre outros. A escolha da equidistância entre as curvas de nível, assim como das classes de declividade devem atender aos objetivos da pesquisa e as características de relevo da área, visto que exercem influência direta sobre o grau de detalhamento da carta conforme Botelho (1995) *in* Guerra e Cunha (1999).

A bacia hidrográfica do rio Xaxim apresenta um comportamento hidrológico muito característico de bacias urbanas, como: altas taxas de escoamento superficial, resposta rápida das vazões do canal de drenagem principal e ocupação adensada nas áreas de várzea do médio curso. Estes fatores têm contribuído para elevar os riscos de alagamentos que preocupam tanto aos moradores quanto ao Poder Público do qual se exigem medidas preventivas e ou corretivas. O mapeamento das classes de declividade (Figura 15) é importante nesse aspecto, pois permite que se conheçam as áreas de maior contribuição do escoamento e as áreas que apresentem possíveis riscos à implantação de moradias, dando condições para um planejamento das novas ocupações e condições para propor medidas que diminuam as conseqüências negativas apresentadas.

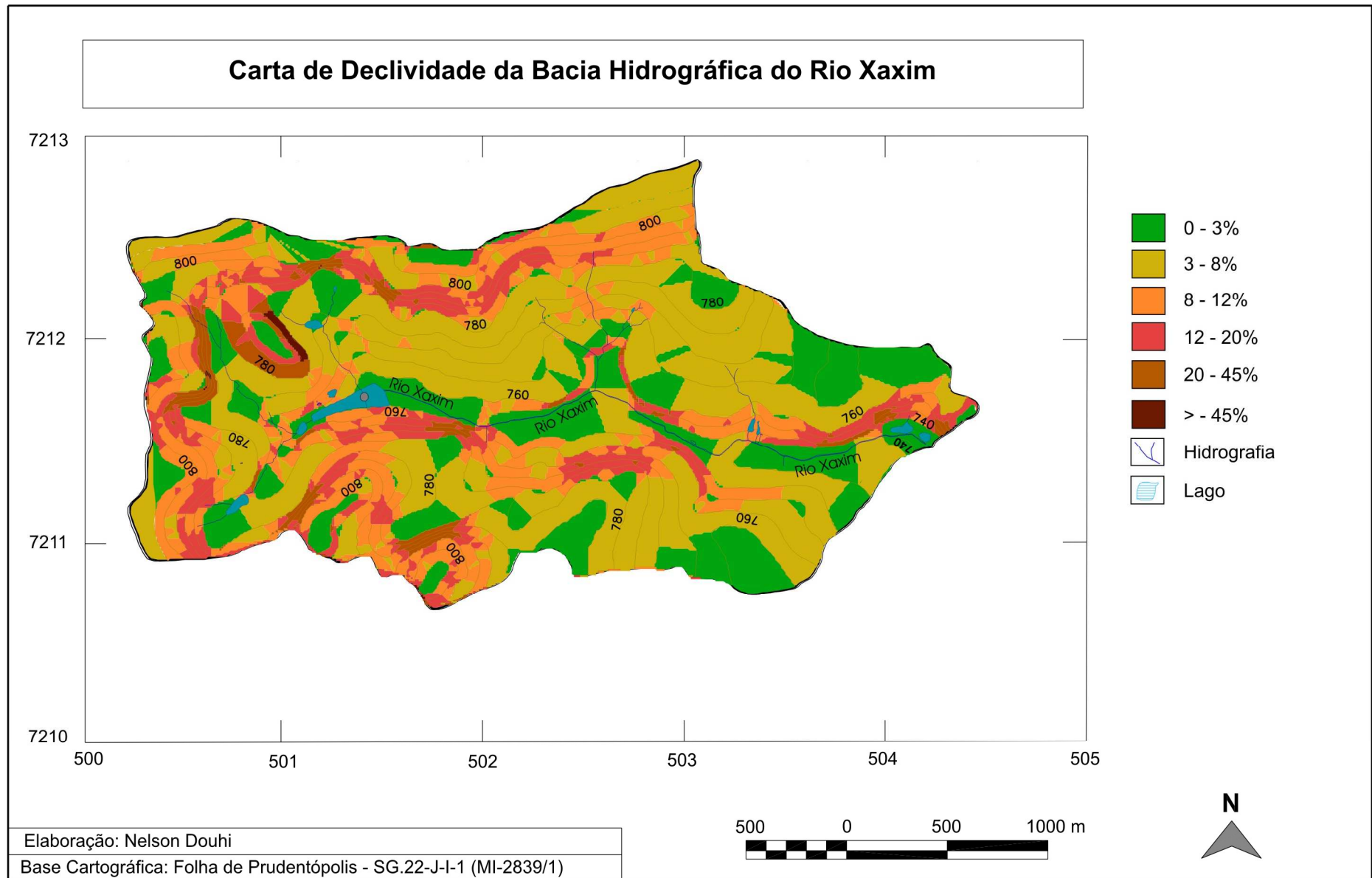


Figura 15: Carta de declividade da bacia hidrográfica do rio Xaxim

As declividades encontradas na bacia do rio Xaxim, variam de menos de 3% a mais de 45%, sendo que a classe de declividade predominante na área em estudo é a classe entre 3 - 8%, que ocupa cerca de 50% da bacia do rio Xaxim. As maiores declividades ocorrem em sua maioria na faixa de transição entre o topo e média vertente. Declividades baixas entre 3 e 8% ocorrem associadas à porção mais a jusante da bacia e representam uma área de grande adensamento residencial.

As declividades superiores a 20% estão presentes em faixas localizadas nas médias e altas vertentes da bacia, assim como nos topos individualizados. As diferentes classes de declividade praticamente não interferem nas formas de crescimento urbano de Prudentópolis, assim como, nos padrões de construções ao contrário do que se verifica em cidades maiores, onde morros com alta declividade e zonas alagadiças, são na maioria ocupados por construções de baixa renda. Por outro lado, às classes de declividade superiores a 20% principalmente quando ocupadas de forma mais densa, têm influência direta no aumento do escoamento, visto que a capacidade de infiltração é reduzida e a velocidade dos fluxos é aumentada.

Percebeu-se que na bacia rio Xaxim os usos são bem diversificados e mesmo nas áreas onde a declividade é um fator de risco para certos tipos de usos, esta acaba sendo desprezada, principalmente onde ocorre a urbanização. Nestes casos, quando as áreas com alta declividade são densamente ocupadas, representam um agravante no aumento do escoamento superficial e no tempo de permanência da água da bacia, fatores que conseqüentemente provocam um rápido aumento da vazão do rio Xaxim.

É importante, que no âmbito do planejamento ocupacional da bacia hidrográfica do rio Xaxim, o fator declividade esteja dentro das prioridades, pois suas influências indiretas interferem em diversos elementos da dinâmica hídrica da bacia. Essas preocupações têm reflexo direto na redução ou no aumento dos riscos de alagamentos na planície e deslizamentos e erosão acelerada nas vertentes com declividades mais altas.

4.4 - MORFOMETRIA DA BACIA

4.4.1 - CLASSIFICAÇÃO E DENSIDADE DE DRENAGEM

A bacia do rio Xaxim apresenta uma hierarquia fluvial de 3ª ordem, segundo método de Strahler, tendo como tributários pequenos arroios, principalmente da margem esquerda da bacia. Considerando a linha de escoamento dos cursos de água em relação à

inclinação das camadas geológicas, o rio Xaxim pode se caracterizar como um rio obsequente devido ao seu leito principal estar orientado contrário às linhas de fraqueza geológicas do terreno.

A bacia apresenta uma área total de 5,92 km² e um perímetro de 11.982 metros. A (tabela 1) mostra características dessa rede hidrográfica.

Tabela 1 - Características da Rede Hidrográfica do Rio Xaxim

Hierarquia Dos Canais	Nº de Canais	Compr. Total (Km)	Compr. Médio (Km)	Dens. de Drenagem (m/km²)
1ª ordem	15	2,895	0,193	0,49
2ª ordem	5	2,281	0,456	0,39
3ª ordem	1	3,490	3,490	0,59
Total	21	8,666	4,139	1,46

O comprimento total dos cursos d'água é de 8.666 metros, distribuídos pelos seus 21 canais e uma densidade de drenagem total de 1,46 m/km². Os canais de primeira ordem apresentam o menor comprimento médio (193 metros cada canal) e uma densidade de drenagem de 0,49 m/km². O maior comprimento de canal se refere ao canal principal, de 3ª ordem, atingindo um total de 3.490 metros.

O padrão de drenagem, arranjo espacial dos cursos fluviais, pode ser influenciado em sua morfogênese por algumas características naturais da área, entre as quais destacam-se: a natureza e disposição das camadas rochosas, a resistência litológica variável, as diferenças de declividade e a evolução geomorfológica da região (CHRISTOFOLETTI, 1974). A Bacia Hidrográfica do rio Xaxim apresenta, predominantemente, padrão e forma retangular, influenciado principalmente pela declividade e evolução geomorfológica, considerando-se que as variações litológicas são pouco expressivas.

4.4.2 - ÍNDICE DE FORMA

A forma superficial de uma bacia hidrográfica, segundo Oliveira *et al*, (1998) é usada para se saber o tempo que uma gota de chuva leva para percorrer a distância entre o ponto mais afastado da bacia e o seu exutório (tempo de concentração), parâmetro

importante nas avaliações da potencialidade a alagamentos. É importante ressaltar que quanto mais alongada é a bacia menor é a probabilidade de alagamentos.

O fator “forma” da bacia hidrográfica do rio Xaxim apresenta um valor de 0,22 e um índice de circularidade com valor de 0,51. Esses índices reforçam a idéia de uma bacia alongada, próxima da forma retangular e relativamente estreita, conferindo a ela características de pouco risco a alagamentos. Por outro lado, estas preocupações devem ser consideradas em função do adensamento urbano que acontece no centro da bacia, ocupando principalmente o médio curso do rio Xaxim.

O canal principal (rio Xaxim) está orientado na direção leste, até desaguar no rio dos Patos, que está orientado para nordeste. Em alguns quilômetros para jusante, o rio dos Patos ao juntar-se com o rio São João, formam o rio Ivaí. As drenagens possuem um padrão predominantemente dendrítico, com rios bastante encaixados, o que condiciona o desenvolvimento bem definido do canal principal. Os canais das bacias auxiliares se apresentam pouco desenvolvidos, onde as sub-bacias não ultrapassam uma hierarquia de 2ª ordem e o número de magnitude não ultrapassa 5 canais em cada sub-bacia.

4.4.3 – PERFIS TRANSVERSAIS

O levantamento de perfis transversais assim como perfis longitudinais são importantes ferramentas na análise das dimensões e capacidade do canal, fornecendo dados importantes quanto à sua capacidade de drenagem e os eventuais riscos de extravasamento, o que resultaria em alagamentos e prejuízos. Cooke & Doornkamp (1974) destacam que a morfometria é uma importante ferramenta de análise em estudos morfológicos, pois definem as relações que se estabelecem entre os atributos e as prosperidades dinâmicas da bacia hidrográfica. Brookes (1996) afirma que características geométricas do canal representadas pela largura, profundidade e declividade, estão diretamente associadas às condições de estabilidade ambiental de sua área de captação.

Para evidenciar tais características foram realizados levantamentos de um perfil longitudinal no canal principal do rio Xaxim, um perfil transversal da bacia e seis perfis transversais ao longo do canal, os quais foram localizados de montante para jusante como mostra a figura de localização dos perfis (Figura 16).

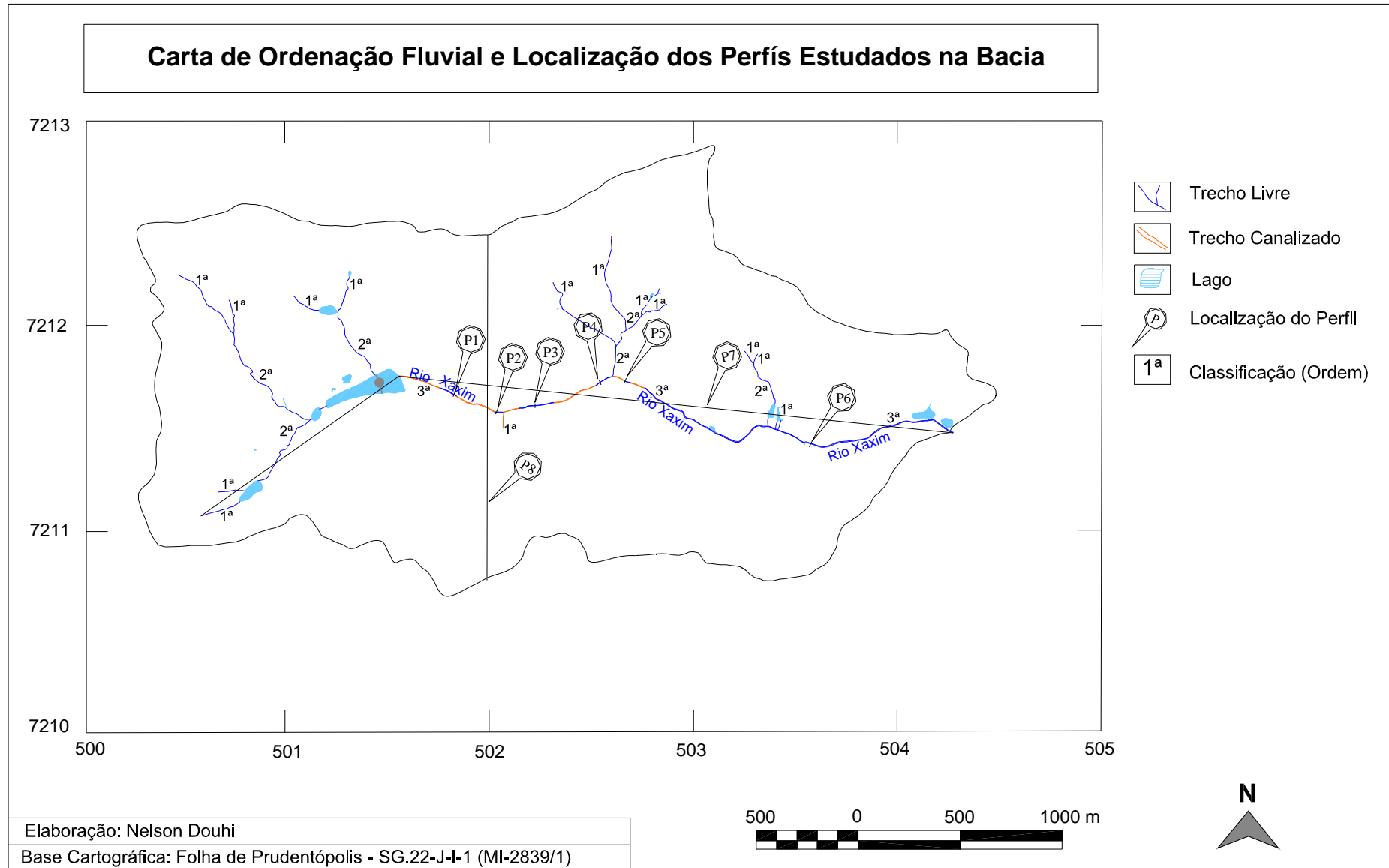


Figura 16: Carta de localização dos levantamentos de perfis realizados na bacia do rio Xaxim

Com o levantamento dos 6 perfis transversais (Figura 17), buscou-se priorizar o médio curso do rio Xaxim, considerando que neste trecho ocorre um maior adensamento urbano. Este processo, além de produzir mudanças significativas na morfologia do canal contribui para o aumento das vazões, visto que o escoamento superficial e os esgotos pluviais atingem rapidamente o rio Xaxim. O trecho que compreende o alto curso do rio Xaxim apresenta boas condições de escoamento, considerando que o canal possui poucas alterações e principalmente um baixo adensamento urbano. Já o baixo curso passou por um processo de retificação e aprofundamento no final da década de 90, ação que ampliou significativamente a capacidade de escoamento e reduziu temporariamente os riscos de alagamentos. Atualmente o baixo curso do rio Xaxim começa apresentar problemas de erosão e solapamento que causam o colapso de barrancos para dentro do canal, resultando em diminuição da profundidade e da capacidade de escoamento do canal.

Os níveis de cheia considerados nos perfis, representam níveis máximos normais, os quais foram verificados por meio de levantamentos em campo e entrevistas com os moradores que residem próximos ao rio. Em relação aos eventos excepcionais, os quais são responsáveis por pequenos alagamentos no trecho em que se localiza o perfil 4, não há um acompanhamento permanente que possa fornecer dados precisos sobre os níveis atingidos pelo rio Xaxim.

Com base nos perfis levantados, foram calculados os parâmetros morfológicos (Tabela 2). As variações quanto à capacidade do canal, tiveram um aumento gradativo para jusante nos perfis 1, 2, 3, 5 e 6 com exceção do perfil 4 que apresentou uma redução na capacidade do canal em 11% em relação ao perfil 3. As variações de largura e profundidade foram as que tiveram as maiores oscilações, nesse aspecto o perfil 4 apresentou a maior variação, com uma profundidade média 38% menor que no perfil 3.

Vale ressaltar que estes parâmetros morfométricos podem oferecer maiores contribuições por meio de análises estatísticas mais detalhadas, podendo também, tornar-se objeto de estudos posteriores.

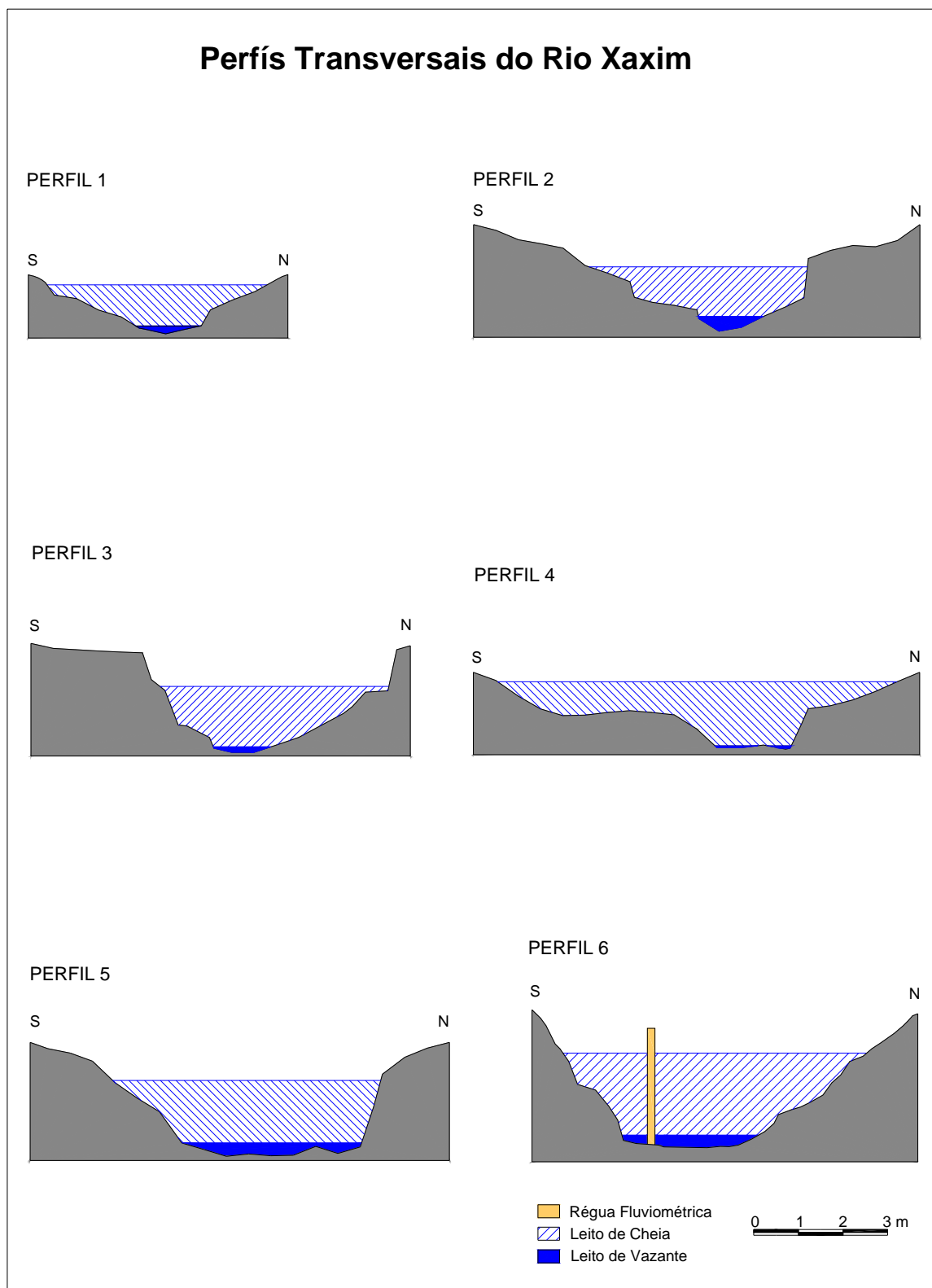


Figura 17: Perfis transversais levantados no canal principal do rio Xaxim

Tabela 2 - Parâmetros morfológicos dos perfis levantados no canal do rio Xaxim

Perfil transversal	Capacidade Máxima do canal (m ²)	Largura Máxima W _m (m)	Profundidade média P (m)	Profundidade Máxima (m)	Relação W _m /P
1	4,16	5,81	0,73	1,32	7,96
2	10,99	10	1,19	2,36	8,40
3	10,18	8,5	1,52	2,4	5,59
4	8,98	9,96	0,95	1,71	10,48
5	13,8	9,4	1,33	2,55	7,07
6	16,54	8,55	1,84	3	4,65

A localização perfil 4 representa a área central da cidade de Prudentópolis, onde também pelo aspecto morfológico apresenta-se uma área de convergência de fluxos das sub-bacias do rio Xaxim. As vertentes principalmente no centro da bacia, apresentam uma morfologia convexa e retilínea com declividades bem acentuadas, como mostra o perfil transversal da bacia (Figura 18).

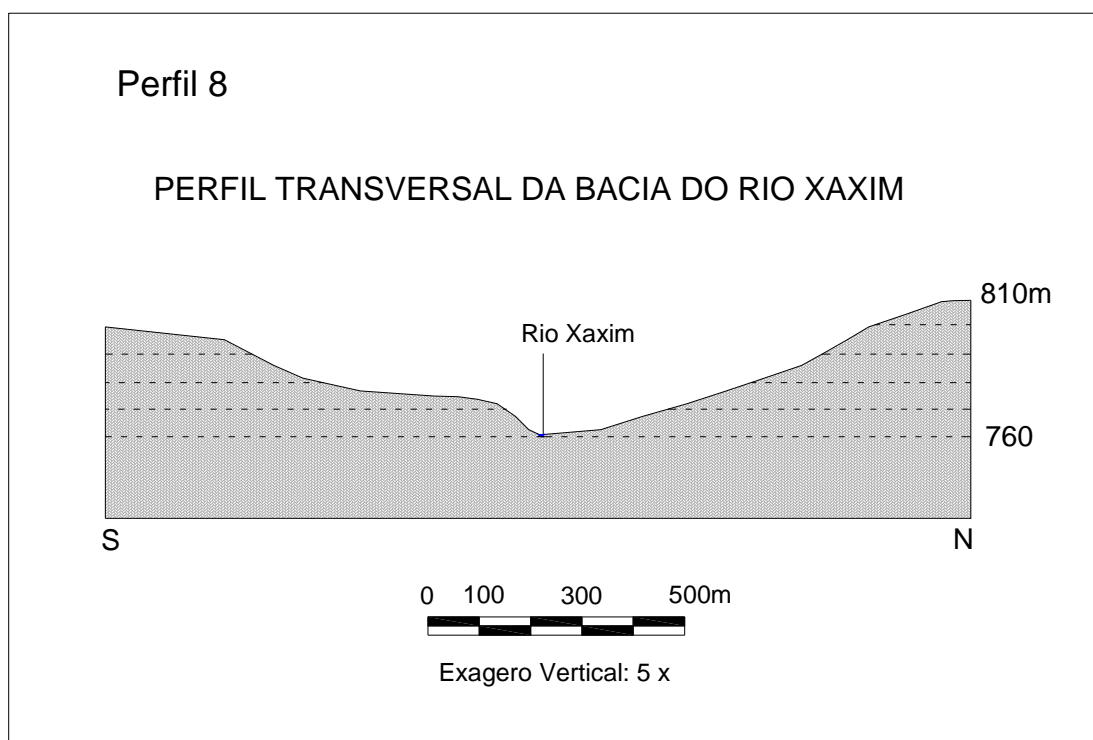


Figura 18: Perfil transversal da bacia do rio Xaxim

Estes fatores implicam na diminuição do tempo de permanência da água na bacia e favorecem o escoamento superficial, fazendo com que a vazão aumente rapidamente. Estas condições associadas à canalização do rio de maneira aleatória implicam em riscos de alagamentos em curto prazo, visto que a capacidade do canal é praticamente saturada em eventos de chuvas mais intensas. Há de se considerar, que o espaço urbano está em constante ampliação onde conseqüentemente se ampliam as áreas impermeáveis e os fluxos superficiais.

4.4.4 - PERFIL LONGITUDINAL

O perfil longitudinal do rio Xaxim (Figura 19), apresenta uma variação no gradiente hidráulico de 58 metros até a confluência com o arroio Belica. Porém, este gradiente é maior no alto curso, sendo que no médio curso a variação é pouco expressiva. O rio Xaxim tem todo seu curso sobre rocha sedimentar “siltitos e argilitos”, fator que poderia representar um canal com características morfológicas bastante homogêneas ao longo do curso. No entanto, as alterações antrópicas, presentes principalmente no médio e baixo curso, são fatores de alteração dessa dinâmica. As alterações mais comuns são canalizações feitas de maneira aleatória, construções sobre o canal que o tornam mais rugoso, além da ligação de esgotos pluviais e domésticos e a grande quantidade de lixo depositado pela população.

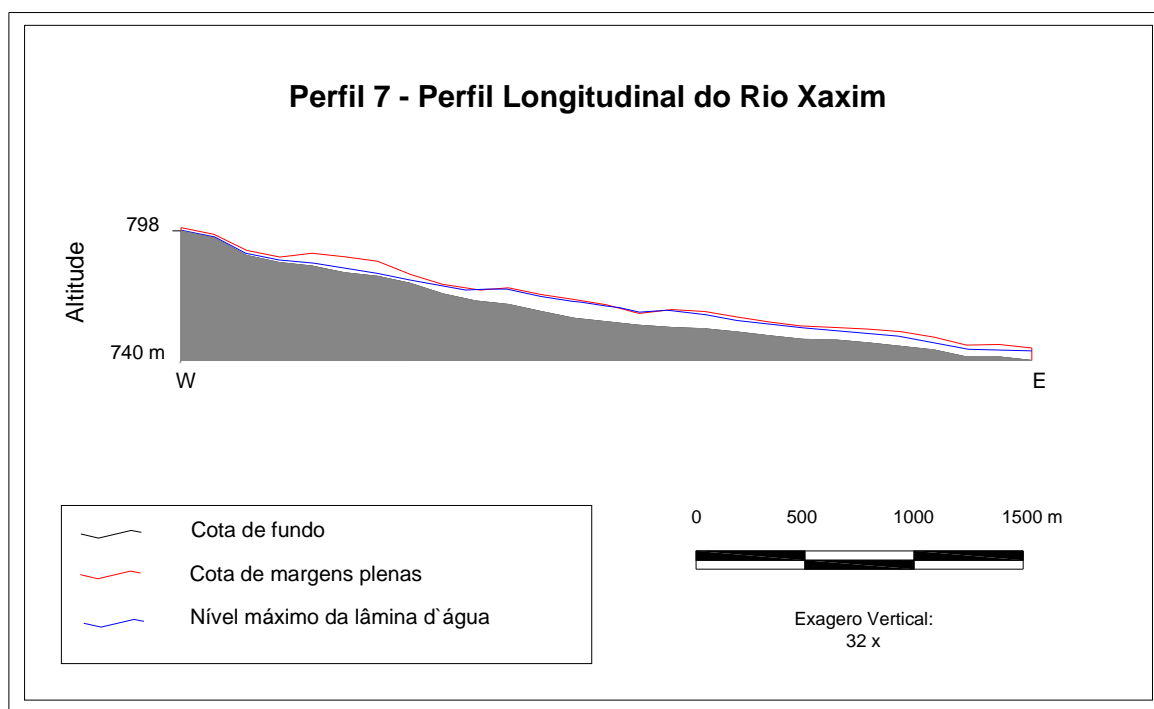


Figura 19: Perfil longitudinal do rio Xaxim, com níveis d'água estimados.

5 - CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DA BACIA

A condição climática de uma determinada região é resultante de uma série de fatores que agem de forma conjunta e que produzem características específicas. Para Nimer (1979) o clima de uma região é determinado por fatores estatísticos como a latitude, altitude, continentalidade, radiação solar e outros fatores dinâmicos, caracterizados por influências de massas de ar que cobrem uma região.

Para Ayoade (1986) a precipitação pluvial é um elemento importante para ser analisado, pois, através de seu acompanhamento pode-se caracterizar as estações secas e úmidas. A análise pluviométrica também possibilita caracterizar ciclos anuais, predominância de intensidades, fenômenos de influência como El Niño e La Niña, entre outros.

A variabilidade interanual El Niño – Oscilação Sul, que compreende um fenômeno de teleconexão oceano-atmosfera, é responsável pelas alterações da circulação atmosférica do globo terrestre e pelas chuvas em abundância para certas regiões e intensas secas em outras. Esta variabilidade exerce uma grande influência na região em estudo. Segundo Nery, *et al.* (1998), este evento afeta de maneira diversa o norte, o nordeste, e o sul do Brasil, ocasionando secas na Amazônia e no nordeste e chuvas no sul, na fase positiva do fenômeno enquanto que na fase negativa (La Niña) ocorre o contrário.

A influência das massas de ar no comportamento climático das regiões é muito importante, assim como, seu conhecimento em função de suas particularidades. No Paraná ocorre o predomínio das massas de ar polar atlântica (mPa) e massa polar pacífica (mPp).

A massa polar pacífica (mPp) provem do Pacífico Sul e avança para o continente pelo sul e sudoeste da Argentina. Quando seu ingresso se dá pelo sudoeste é obrigada a cruzar a cordilheira, produzindo chuvas abundantes nas montanhas, transformando-se em ar frio e seco. Atinge os Estados do Sul e Centro-Oeste do Brasil através da Argentina, Bolívia e Paraguai. A massa polar pacífica (mPp) nas condições acima citadas, apresenta um baixo teor de umidade, associado às baixas temperaturas e aos elevados índices de pressão atmosférica à superfície. Essa massa quando atinge o Paraná, traz uma predominância de estabilidade atmosférica, garantindo um longo período de céu claro e ocorrência de geadas. Tem maior atuação nos períodos do outono e inverno (NERY, *et al.* 1992).

A massa polar atlântica (mPa) chega ao sul do Brasil, percorrendo grande parte de sua trajetória sobre o Oceano Atlântico. Muitas vezes chega ao Continente através da região meridional da Argentina, cruzando rapidamente em direção ao Atlântico. Possui temperatura baixa, sendo gradativamente alterada pela troca de calor com o oceano e mais acentuadamente, quando da presença da corrente marinha do Brasil. No seu percurso sobre o mar essa massa é carregada de grande teor de umidade, provocando frio e chuvas abundantes. Sua presença é predominante no período inverno/primavera. Cada uma dessas massas possui características distintas, dependendo de sua trajetória ao aproximar-se da região sul.

Atuam também no Paraná, embora com menor intensidade, as massas tropical continental (mTc) e massa tropical atlântica (mTa). A massa tropical continental (mTc) se forma na região do Chaco (Mato Grosso e Paraguai) e adquire todas as propriedades físicas e químicas deste local. Possui temperatura elevada e alto teor de umidade. Atinge seu maior predomínio no verão. É responsável pelas tormentas e aguaceiros locais muitas vezes acompanhados por granizo, que ocorrem nos períodos mais quentes do ano. A massa tropical marítima (mTm) é a que menos atua no Paraná, pois antes de atingir a região sul do país, quase sempre se mistura à massa polar atlântica, agravando as condições de tempo na faixa litorânea e serras vizinhas (ANUNCIACÃO, 1984).

Alguns fatores de caráter regional, também têm contribuição nas características do comportamento climático: a latitude em torno de 25°13` S, o efeito da continentalidade e o efeito orográfico representado pela Serra da Esperança que influencia principalmente as chuvas na época do verão.

Nery *at al.* (1996) fazem referência às condições extremas de precipitação as quais provocam, numa determinada região, enormes perdas de produtos agrícolas e, também, propagação deste impacto a quase todos os componentes da atividade econômica. Precipitações extremas são freqüentemente extensas regionalmente e, por conseguinte, são também as mais prejudiciais. Uma forma de amenizar os problemas causados por esse tipo de ocorrência, é dispor de diagnóstico para tais eventos.

No contexto regional o conhecimento das principais características climáticas ganha importância, principalmente em se tratando do município de Prudentópolis que é predominantemente agrícola, atividade diretamente dependente das condições climáticas.

Se considerarmos as perspectivas de crescimento futuro do espaço urbano de Prudentópolis, o comportamento do clima e principalmente pluviométrico ganha maior

relevância em função das implicações produzidas no comportamento da drenagem urbana. Embora, a ocupação da bacia do rio Xaxim encontre-se bastante consolidada, a área central da cidade vem apresentando a partir de 1980, problemas relacionados à drenagem urbana, como: aumento do escoamento superficial e riscos de alagamentos principalmente na área central da cidade. Para o entendimento destas questões, devem ser considerados não somente a ocupação, mas também os dados referentes ao regime climático e principalmente ao comportamento da pluviosidade dentro da bacia do rio Xaxim.

5.1 - ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DA BACIA

Este estudo se faz necessário em função da importância do elemento “pluviosidade” na caracterização climática e principalmente por ser um dos mais importantes elementos climáticos. Por outro lado, a indisponibilidade de dados referentes a outros elementos climáticos que pudessem caracterizar melhor a área, possibilitaram somente a análise do comportamento pluviométrico.

As análises quanto ao comportamento pluviométrico foram feitas com base em dados do período de 1988 a 2002, provenientes do acompanhamento de um pluviômetro localizado na sede da Cooperativa Agrícola Mista de Prudentópolis (CAMP). Verificou-se que existe uma certa regularidade nos índices pluviométricos anuais com média do período de 2057 mm/ano (Figura 20). O regime climático identificado é bastante úmido com características de clima subtropical úmido, visto que as temperaturas médias segundo Maack (1981) nos meses mais quentes são inferiores a 22°C e superiores a -3°C nos meses mais frios.

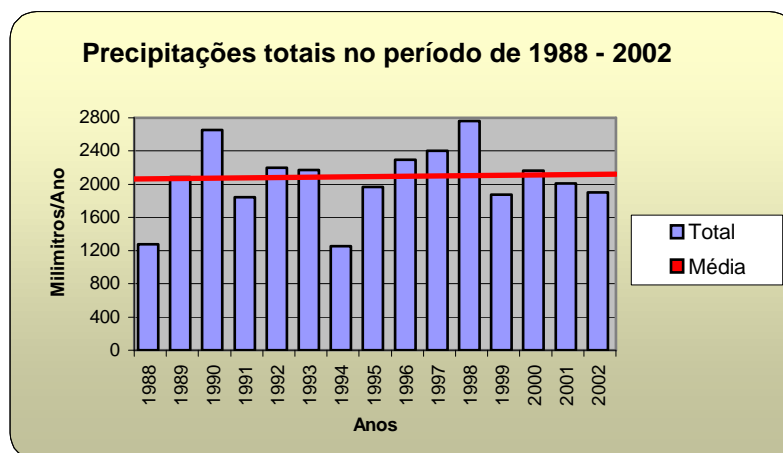


Figura 20: Distribuição pluviométrica anual para a cidade de Prudentópolis-PR. Período de 1988 – 2002

A pluviosidade anual do período demonstra uma variabilidade significativa nos valores precipitados em relação à média, tendo maior destaque os anos considerados anômalos em função da influência de fenômenos como: El Niño e La Niña. Os anos que apresentaram maiores disparidades pluviométricas negativas foram: 1988 e 1994, quando foram registradas grandes estiagens e valores pluviométricos inferiores à média em torno de 40%. Nos anos de 1990 e 1998 foram registradas as maiores disparidades positivas, com valores em torno de 30% acima da média. Embora, a região sofra influências dos fenômenos El Niño e La Niña, em alguns períodos estas influências são pouco expressivas, principalmente quando os períodos de atuação destes fenômenos são curtos (Tabela 3).

Tabela 3 - Eventos El Niño e La Niña, definidos a partir da anomalia da temperatura da superfície do mar para região do El Niño (1+2) e excedendo valores de 0,4°C (positivo ou negativo)

Períodos de El Niño	Duração (meses)	Períodos de La Niña	Duração (meses)
Nov/91 a Jun/92	8	Abr/88 a Dez/88	9
Fev/93 a Jun/93	5	Mai/89 a Set/89	5
Out/94 a Fev/95	5	Mar/94 a Set/94	7
Mar/97 a Out/98	20	Abr/95 a Ago/95	5
		Abr/96 a Jan/97	10
		Jan/99 a Fev/00	14
		Jun/00 a Jan/01	13
		Mai/01 a Jan/02	9

Fonte: adaptada por Baldo (1999) e atualizada por Anjos (2000)

Se compararmos os períodos de atuação dos fenômenos, com o comportamento pluviométrico da área em estudo, fica clara a influência dos mesmos nos eventos mais extremos, no entanto, nos períodos mais curtos, as influências são pouco perceptíveis, principalmente nos totais anuais. O ano de 1990, embora tenha registrado valores pluviométricos em torno de 30% superiores à média do período, não há registros sobre a atuação do fenômeno El Niño. Nos anos considerados anômalos (Figura 20) geralmente ocorrem reflexos na qualidade e quantidade da produção agrícola, representando perdas tanto no próprio setor agrícola como no setor comercial e na arrecadação municipal, haja

vista, que a agricultura é a base da economia do município de Prudentópolis. Estas condições de interdependência cidade x campo e as influências climáticas, representam possibilidades de pesquisa mais detalhada, o que contribuiria significativamente para o planejamento e implementação de projetos agrícolas.

Na análise do comportamento pluviométrico ao longo do ano, verificou-se que a distribuição sazonal das chuvas é um mecanismo importante para identificação da distribuição das chuvas e principalmente quanto a existência ou não de períodos com déficit hídrico. O gráfico da Figura 21 demonstra que a distribuição é relativamente homogênea nos períodos (outono, inverno), caracterizando o período seco, porém sem estiagens. Ocorre um ligeiro aumento da pluviosidade na primavera e principalmente no verão que se caracteriza como o período mais chuvoso da região.

Distribuição pluviométrica por trimestre no período de 1988 - 2002

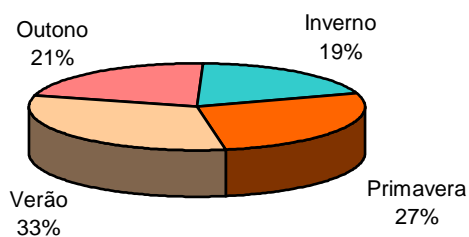


Figura 21: Distribuição pluviométrica trimestral com base nos períodos sazonais para cidade de Prudentópolis – PR. Período: 1988 – 2002

Na avaliação da distribuição diária das precipitações (Figura 22), obteve-se a média de 113 dias com chuvas por ano, sendo um valor relativamente baixo se compararmos aos elevados índices pluviométricos. Os meses de janeiro seguido por dezembro e fevereiro apresentaram o maior número dias com chuvas e os meses de maio, agosto e junho apresentaram o menor número de ocorrências. Porém o número de ocorrências não é diretamente proporcional aos valores precipitados, sendo que os meses com maiores médias são: janeiro, setembro e outubro e os meses com as menores médias são: agosto, abril e julho. É importante destacar o comportamento pluviométrico do mês de maio que tem o menor número de ocorrências, mas por outro lado, apresenta chuvas de alta intensidade, visto que a média de precipitações do período, para o mês de maio, é de 160mm.

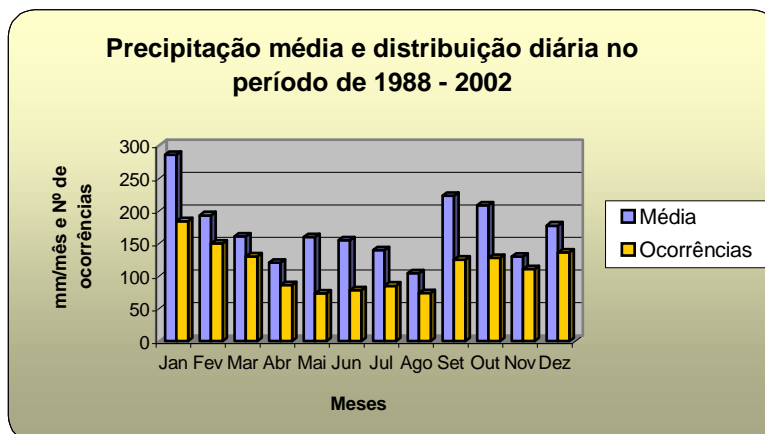


Figura 22: Relação entre precipitação média em milímetros e número de dias com precipitações na cidade de Prudentópolis – PR. Período: 1988 – 2002

Na análise das distribuições pluviométricas quanto à classe e frequência (Tabela 4), percebeu-se que na região predominam chuvas com intensidades inferiores a 40 mm, visto que as mesmas correspondem a 84,19% dos 1360 dias com precipitações registrados no período de 15 anos. Quando nos referimos aos possíveis riscos causados pela chuva, são os 15,81% das ocorrências de chuvas, com intensidades superiores a 40mm, que representam maior preocupação. No período analisado o número de ocorrências de chuva representou 24,84% do total anual.

Alguns pontos específicos relacionados à distribuição pluviométrica merecem destaque: os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, se caracterizam como meses mais chuvosos, com 47,87% de dias de chuva a mais que o trimestre com menor número de ocorrências (maio, junho e agosto). Por outro lado cerca de 85% das chuvas apresentam intensidades de até 40mm;

- os meses de novembro, dezembro, fevereiro e março, apresentaram mais que 65% das precipitações abaixo dos 20 mm, muito importantes no processo de infiltração e na recarga do lençol freático;
- os meses de setembro e outubro apresentaram cerca de 40% das chuvas com intensidades entre 20 e 60 mm. São considerados meses potencialmente favoráveis à erosão e assoreamento dos rios, visto que estes meses representam o período de plantio da safra agrícola;
- o mês de maio apresentou as características mais irregulares, com chuvas distribuídas em todas as classes. Destaca-se por apresentar 19,16% das chuvas com intensidades superiores a 60mm, oferecendo os maiores riscos de alagamentos.

Tabela 4 - Distribuição das precipitações por classe e frequência relativa no período de 1988-2002

Anos	Meses	Nº Precip.	0-20mm	%	20-40mm	%	40-60mm	%	60-80mm	%	>80mm	%
	JAN	184	111	60,32	42	22,82	15	8,15	9	4,89	7	3,8
1	FEV	150	101	67,33	30	20,00	12	8,00	6	4,00	1	0,7
9	MAR	130	92	70,76	24	18,46	9	6,92	4	3,07	1	0,8
8	ABR	86	54	62,79	18	20,93	11	12,79	2	2,32	1	1,2
8	MAI	73	35	47,94	18	24,65	6	8,21	11	15,06	3	4,1
	JUN	78	39	50,00	20	25,64	9	11,53	8	10,25	2	2,6
	JUL	85	51	60,00	18	21,17	8	9,41	5	5,88	3	3,5
2	AGO	74	47	63,51	17	22,97	5	6,75	3	4,05	2	2,7
0	SET	125	63	50,40	36	28,80	15	12,00	6	4,80	5	4,0
0	OUT	128	71	55,46	31	24,21	19	14,84	3	2,34	4	3,1
2	NOV	111	80	72,07	24	21,62	4	3,60	3	2,70	0	0,0
	DEZ	136	89	65,44	34	25,00	8	5,88	4	2,94	1	0,7
	TOTAL	1360	833	61,25	312	22,94	121	8,89	64	4,70	30	2,20

No contexto da distribuição pluviométrica, a análise referente às máximas, mínimas e a média, são importantes em se tratando de planejamento, tendo em vista, que certas atividades dependem exclusivamente das condições do tempo. A Figura 23 mostra a distribuição das máximas do período, as quais ocorreram nos meses de janeiro de 1990 com 502mm/mês, março de 1998 com 422mm/mês e maio de 1992 com a máxima de 591mm/mês.

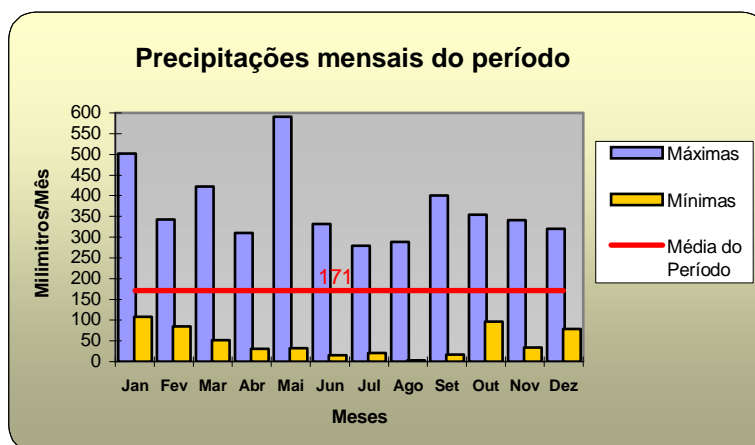


Figura 23: Distribuição pluviométrica máxima, mínima e média mensal para cidade de Prudentópolis – PR. Período: 1988 – 2002

Os meses que registraram os menores índices pluviométricos foram: junho de 2002, com 16mm/mês, agosto de 1999 com 02mm/mês e setembro de 1994 com 17mm/mês. A média mensal do período de 171mm/mês pode ser considerada elevada, porém fica claro que a distribuição pluviométrica é bastante desigual principalmente entre os períodos de inverno (mais seco) e verão (chuvoso).

Na análise da mediana mensal e do desvio padrão (Figura 24), ficam mais evidentes as características das precipitações do período, visto que alguns meses, mesmo com altos valores pluviométricos apresentaram um desvio padrão relativamente baixo. Esse comportamento demonstra uma certa homogeneidade nas precipitações. Os meses que apresentaram o menor desvio padrão foram: julho 65,36mm, dezembro 67,05mm, outubro 73,86mm e novembro 76,98mm, apresentando pouca dispersão nas precipitações. Quanto aos meses de maior variações estão: maio 144,12mm, janeiro 126,84mm e setembro 112,43mm, meses em que são registradas precipitações de alta intensidade, ficando mais evidentes a partir da análise do desvio padrão, que demonstrou uma significativa dispersão nos valores precipitados.

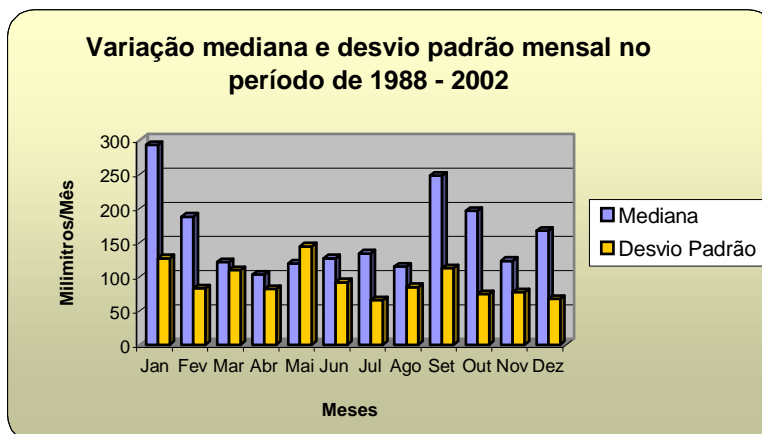


Figura 24: Relação entre variação mediana e desvio padrão mensal para cidade de Prudentópolis – PR. Período: 1988 – 2002

Com base na variação mediana e no desvio padrão do período, observa-se que Prudentópolis apresenta um regime de precipitação pluviométrica sazonal, configurando-se praticamente em duas estações, sendo uma chuvosa e outra seca. A chuvosa se inicia em setembro com uma ligeira queda em novembro, crescendo novamente a partir de dezembro até fevereiro. A seca se inicia a partir de abril, com um ligeiro acréscimo em julho, voltando a acentuar-se em agosto. Dessa forma pode-se estabelecer dois regimes de precipitação pluviométrica bem definidos, com verão denominado período úmido (sob domínio essencialmente das bandas convectivas) e inverno denominado período seco (sob influência de massas polares). A estação úmida atinge seu máximo no mês de janeiro o qual registrou a mediana de 293mm, 58,36% a mais que a média do período (171mm), já a estação seca apresenta dois mínimos, um em abril com 39,76% abaixo da média e outra em agosto com 32,74% abaixo da média. Mesmo com precipitações relativamente baixas não há evidências de deficiência hídrica nestes períodos, contudo esta indicação necessita de uma melhor avaliação, já que se trata de uma série curta (15 anos) e somente com dados pluviométricos.

5.2 - CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ASPECTOS CLIMÁTICOS

É relevante ressaltarmos os altos valores pluviométricos anuais, média de 2.057 mm/ano no período de 1988 – 2002, distribuídos num número relativamente reduzido de dias, cerca de 91 dias/ano em média o que representa 25% do ano com chuvas. Este comportamento tem influência direta na dinâmica hídrica, e principalmente nas suas implicações na dinâmica da drenagem urbana. A distribuição dos altos volumes

precipitados, embora, seja satisfatória provoca uma série de problemas na primavera e verão, período em que são registradas as chuvas torrenciais convectivas. Drew (1989) destaca a grande influência que estes eventos têm no processo de infiltração, visto que, as ocorrências com intensidades maiores saturam rapidamente a capacidade de infiltração e influenciam o escoamento superficial. Outros problemas também são registrados, como: maior erodibilidade dos solos, assoreamentos dos rios, perdas na quantidade e qualidade da produção agrícola etc. No espaço urbano em casos excepcionais com precipitações de alta intensidade, a capacidade do canal não comporta o volume escoado, ocasionando assim pequenos alagamentos na área central da cidade constituída às margens do rio Xaxim. Os alagamentos acabam acarretando além de danos econômicos, riscos à saúde da população, considerando que o rio apresenta-se bastante poluído principalmente por esgoto doméstico.

O conhecimento das características climáticas da região de Prudentópolis traz uma grande contribuição para o setor agrícola, por se tratar da atividade predominante e representar uma atividade que requer um bom planejamento, para garantir rendimento e redução de perdas, tanto por secas quanto por excesso de chuvas. Em se tratando da bacia do rio Xaxim em específico o conhecimento destas características é importante no aspecto do planejamento ambiental e estruturação da rede de drenagem, por se tratar de uma área urbana. Também pode nortear os projetos ligados à preservação de mananciais e à criação de parques, que venham a ser implementados na área pelo Poder Público, visando um equilíbrio da bacia hidrográfica com relação a problemas que vêm apresentando no que se refere ao escoamento superficial e alagamentos.

6 - USO DO SOLO NA BACIA

A ocupação da bacia do rio Xaxim encontra-se bastante consolidada na parte representada pelo centro da cidade de Prudentópolis, ocupação que é reflexo do povoamento que se iniciou nesta área há, praticamente, um século e que mais tarde veio a se tornar a cidade de Prudentópolis. Porém nas áreas periféricas são identificadas variadas formas de utilização do solo urbano, evidenciando algumas características de área rural (Figura 25).

A área urbanizada corresponde a todas as edificações distribuídas no espaço urbano, embora, de forma não homogênea e com padrões arquitetônicos distintos a cada grupo social estabelecido e às atividades que se destinam. Verifica-se neste caso, que o espaço urbano se constitui num conjunto de diferentes usos da terra justapostos entre si. Tais usos definem áreas, como: centro, local de atividades comerciais, serviços e de gestão, áreas industriais, residenciais e de lazer, totalizando a organização espacial (CORRÊA, 1989). Os diferentes padrões das configurações espaciais também refletem épocas distintas de ocupação, fator visível no espaço urbano de Prudentópolis e representado por várias construções anteriores a 1950 e que ainda se encontram preservadas.

Embora a área urbanizada ocupe quase a totalidade da Bacia hidrográfica do rio Xaxim, percebeu-se que em vários pontos ainda há necessidade de infra-estrutura básica, como: ruas pavimentadas, rede de esgotos e em alguns casos excepcionais até água tratada e energia elétrica. Estes fatores repercutem na (des) valorização das áreas, na facilidade de fluxo e na própria dinâmica hídrica, que em áreas mais adensadas, começa a apresentar problemas relacionados ao escoamento superficial e alagamentos.

Para classificação da área urbanizada adotou-se a subdivisão apresentada no Plano de Uso e Ocupação do Solo Urbano que no Art. 8º apresenta as seguintes zonas:

- I) Zona de uso predominantemente comercial;
- II) Zona de uso predominantemente de serviços; esta zona, porém não considerada na carta de uso, em função da distribuição muito esparsa;
- III) Zona de uso predominantemente industrial;
- IV) Zona de uso predominantemente residencial.

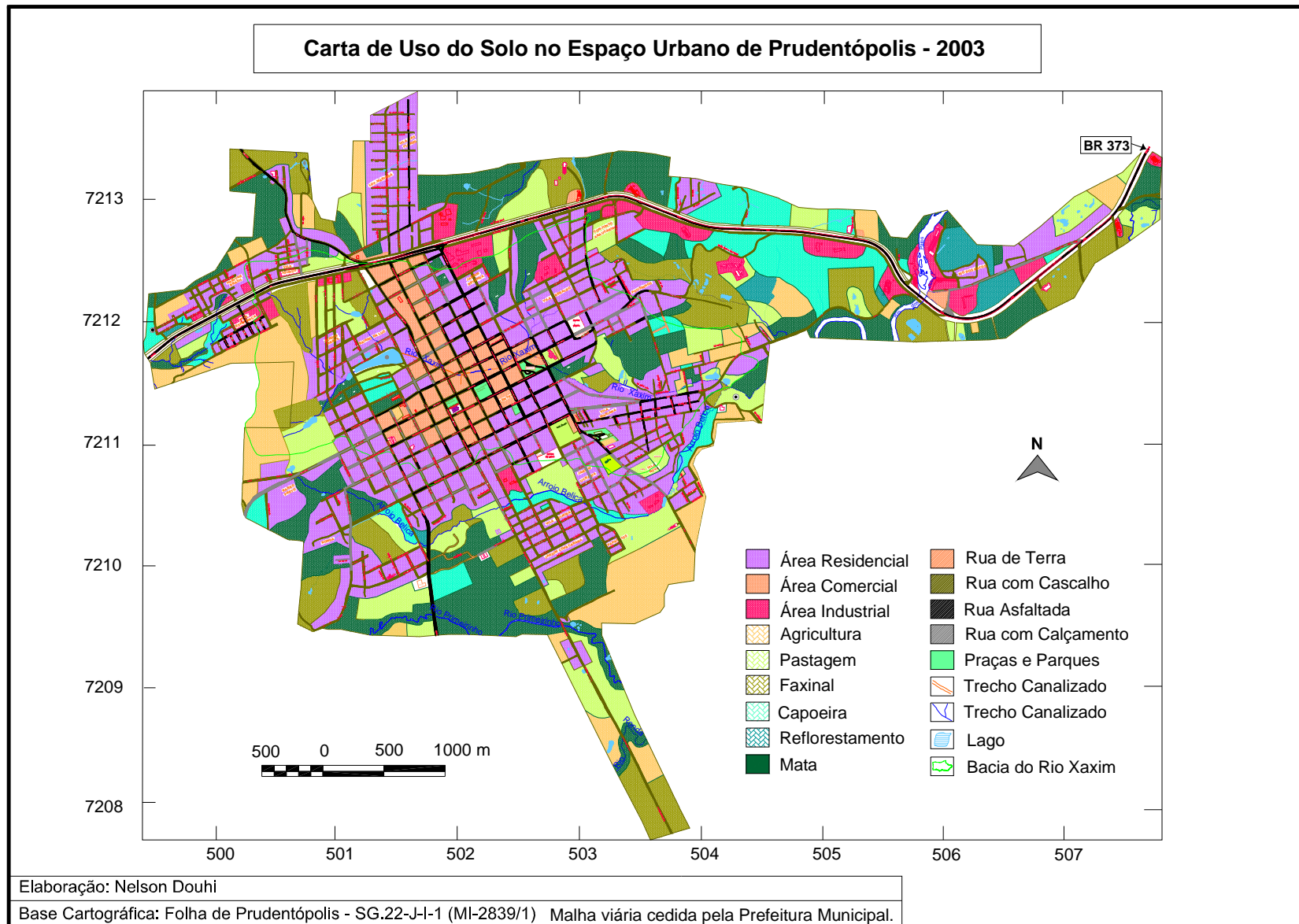


Figura 25: Carta de uso do solo no espaço urbano de Prudentópolis no ano de 2003

6.1 – CARACTERÍSTICAS DO USO DO SOLO URBANO

- 1) Área comercial: representa, de modo geral, todas as atividades ligadas à compra e venda de mercadorias, além de alguns serviços como bancos, correios, escritórios de advocacia, contábeis e consultórios médicos e odontológicos;
- 2) Área industrial: abrange os vários ramos da indústria e encontra-se distribuída de maneira bastante esparsa. A área marginal à BR 373 se apresenta como mais representativa quanto à concentração industrial. Embora pouco expressivas, destacam-se as indústrias madeireiras, cerâmicas, metalúrgicas, ervateiras, além de indústrias de processamento de grãos e farinhas;
- 3) Área residencial: representa a maior porção do espaço urbano, apresentando diferentes padrões arquitetônicos e níveis de adensamento. O padrão das edificações e a área dos terrenos dos bairros mais nobres em relação aos bairros periféricos demonstram de forma clara, os diferentes grupos sociais e a disparidade do poder aquisitivo da população.
- 4) Área de mata: embora o espaço urbano represente a conotação de uma área que está toda tomada por: edificações, ruas, praças, etc., existem ainda várias áreas ocupadas por coberturas florestais de mata secundária (Figura 26). Tais áreas constituem remanescentes de mata e apresentam uma grande biodiversidade vegetal, com espécies típicas do clima subtropical úmido, servindo de suporte a uma infinidade de espécies animais que necessitam destes refúgios para sua alimentação e reprodução. Existe uma grande importância da manutenção destas reservas e a necessidade urgente de se implementar leis municipais que normatizem e transformem as mesmas em Parques Florestais, visto que, além das riquezas da biodiversidade são áreas de mananciais. Por meio da preservação garantir-se-ia à população a possibilidade de desfrutar de um espaço com melhores qualidades ambientais e o conhecimento das riquezas de espécies existentes em nossa região, através da implantação de trilhas ecológicas que possibilitariam aos cidadãos um local com mais tranquilidade e harmonia com meio ambiente.



Figura 26: Área de reserva florestal, caracterizando os principais remanescentes de mata. Foto: Nelson Douhi - 2003

- 5) Área agrícola: Algumas áreas periféricas, embora inseridas no espaço urbano, encontram-se ocupadas por culturas temporárias (Figura 27). Representam remanescentes de áreas maiores que foram inseridas dentro do espaço urbano onde ainda não foram implantados loteamentos. Apresentam uma variedade de culturas como: soja, feijão, milho etc. que representam uma parcela pouco significativa para a economia local. Por outro lado, o cultivo destas áreas garante sua utilização e manutenção, até que sejam implantados os referidos loteamentos, o que trará a estes uma configuração típica do espaço urbanizado. Um dos fatores que contribuem para existência destas áreas é a grande expansão de loteamentos dos últimos anos, fazendo com que haja uma oferta muito grande de terrenos em relação à demanda da cidade.



Figura 27: Área agrícola dentro do espaço urbano, ocupada com plantio de feijão. Foto: Nelson Douhi - 2003

- 6) Área de pastagem: ocorre em algumas áreas da bacia, onde é praticada a atividade pecuária (Figura 28). Esta atividade tem um papel relativamente importante ao abastecimento de leite a uma parcela da população. Estas áreas apresentam coberturas de pastagens naturais com algumas árvores esparsas. São ocupadas de forma pouco densa com número reduzido de animais por área. A permanência destas áreas dentro espaço urbano se deve a algumas particularidades:
- a. Os proprietários não apresentam necessidades econômicas de se dispor das mesmas;
 - b. Não dispõe de recursos suficientes para a implantação de loteamentos por conta própria, e a venda destas áreas resultaria em redução de lucros;
 - c. Em função da existência de muitos espaços ociosos dentro do atual espaço urbano, a implantação de novos loteamentos periféricos torna-se inviável economicamente;
 - d. Os proprietários de imóveis na área mais central, buscam por meio da especulação imobiliária, uma maior valorização.



Figura 28: Área dentro do espaço urbano, ocupada com pastagem onde predomina a pecuária extensiva. Foto: Nelson Douhi - 2003

- 7) Área de Faxinal: Os faxinais caracterizam-se por mata relativamente esparsa, com predomínio do extrato superior e o chão recoberto por gramíneas e arbustos esparsos (Figura 29). Tais características resultam da influência que os animais exercem sobre a vegetação, visto que, eles são introduzidos quando a mata já está bem desenvolvida, permanecendo dessa forma a árvores de maior porte. Já os extratos inferiores têm seu desenvolvimento inibido pela ação do gado, permitindo assim o desenvolvimento de espécies mais resistentes principalmente gramíneas. Em alguns faxinais ocorre a erva mate (*Ilex paraguenses*) e a araucária (araucária *angustifolia*), caracterizando-se como fonte de renda alternativa para o proprietário.

Estas áreas têm uma importância significativa para manutenção biológica, visto que, diferente das áreas típicas de pecuária ou agricultura, elas apresentam uma vegetação bastante desenvolvida, fator que possibilita o desenvolvimento de muitas espécies interdependentes.



Figura 29: Área típica de faxinais, na qual se desenvolve a pecuária extensiva. Foto: Nelson Douhi – 2003

Dentro do aspecto de uso o arruamento foi subdividido em quatro categorias: a) ruas de terra; b) ruas com cascalho; c) ruas com calçamento; d) ruas pavimentadas. A subdivisão adotada, visa destacar os espaços impermeabilizados em relação aos que ainda se apresentam sem pavimentação, condições que têm relação direta com o comportamento do escoamento superficial. Outro aspecto importante é a condição de distribuição da rede de drenagem pluvial, que em muitas vias apresenta-se deficiente ou até mesmo inexistente, o que implica numa maior velocidade do fluxo superficial e conseqüentemente no rápido aumento da vazão do rio Xaxim.

Em relação ao crescimento do espaço urbano fica claro que não há necessidade de ampliação e sim, que a política de ocupação deve consistir-se basicamente na densificação das áreas, medida que permitirá uma maior homogeneidade do espaço urbano. Para tanto, são necessárias obras de infra-estrutura e manutenção do canal do rio Xaxim para aumentar sua capacidade de deflúvio, além de políticas públicas que normatizem as formas de ocupação e os percentuais de edificação dos terrenos, visando a redução do escoamento superficial.

Certas interferências no canal fluvial podem resultar em implicações na flora e fauna existentes às margens do canal, porém como se trata de um ambiente urbanizado, já bastante alterado, ações como alargamento e limpeza das margens trariam mais contribuições sociais que prejuízos ambientais, considerando que as margens manteriam-se vegetadas por gramíneas.

Há também a necessidade de reduzir as disparidades entre centro-periferia, principalmente numa melhor estruturação viária, que tem um papel importante tanto na circulação, quanto no acesso das pessoas ao trabalho e demais serviços oferecidos pela cidade.

6.2 - IMPLICAÇÕES DO USO NA DINÂMICA DA INFILTRAÇÃO

O processo de infiltração definido como o fenômeno de penetração de água nas camadas de solo próximas à superfície do terreno, movimentando-se para baixo, através dos vazios, sob a ação da gravidade, até atingir uma camada-suporte, que a retém, formando então a água do solo. Dentro do processo de infiltração existem vários fatores intervenientes e interdependentes que determinam as diferenciações no comportamento e na capacidade da mesma. Dentre os fatores os mais importantes são: tipos de solo, altura de retenção superficial e espessura da camada saturada, grau de umidade antecedente do solo, ação da precipitação sobre o solo, compactação devida aos homens e aos animais, microestrutura do terreno, cobertura vegetal, temperatura e aeração (MARTINS, 2000).

A capacidade de infiltração é a velocidade máxima com que a chuva pode ser absorvida por dado solo, em determinadas condições (HORTON, 1945) *in* Bertoni e Lombardi Neto (1990). Os tipos de solos através de sua ampla variabilidade espacial influenciam a taxa de infiltração e conseqüentemente nas taxas de escoamento superficial e de erosão. Os solos argilosos predominantes na área em estudo, em geral apresentam alta impermeabilidade em função da incomunicabilidade dos poros e grande plasticidade. Tais características implicam num alto coeficiente de escoamento superficial, entretanto, a taxa de araste é menor, pois são mais difíceis de serem removidos, principalmente quando se apresentam em agregados. Já os solos com textura arenosa ou granular de textura mais grosseira possuem taxas de infiltração maiores, porém, sofrem mais com a ação das águas, por serem pouco coesos e oferecerem pouca resistência ao araste (GUERRA e CUNHA, 1995).

Os fluxos e a retenção de água no solo dependem da profundidade, textura, estrutura, porosidade e das características morfológicas, as quais podem integrar-se das mais variadas maneiras. Portanto é importante ao se reconhecer e estratificar os solos de uma pequena bacia de drenagem, avaliar sua profundidade, declive, morfologia, variação vertical da textura, porosidade, cobertura vegetal, eventual presença de camadas impermeáveis, usos a que se destinam, etc.

Os ensaios de infiltração foram realizados em áreas que apresentavam solos bem desenvolvidos (Latosolos) e topografia plana com baixa declividade, visto que, o parâmetro considerado para análise das variações na infiltração foi a condição de uso em que se encontram os solos. Percebeu-se que embora as áreas apresentassem características pedológicas e morfológicas similares o comportamento da curva de infiltração teve uma grande variação (Figuras 31, 32, 33 e 34), assim como os volumes infiltrados (Figura 30).

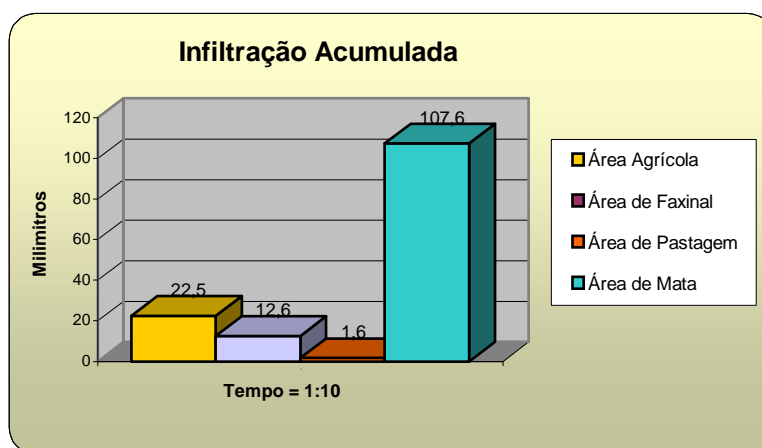


Figura 30: Infiltração acumulada nas áreas com diferentes usos do solo da bacia do rio Xaxim

Com base nos comportamentos da infiltração, é possível afirmar que mesmo em áreas com solos rasos e em declividades mais acentuadas a infiltração pode ser muito expressiva se respeitada a capacidade de uso de cada unidade geomorfológica. Além destes, outro fator relevante é a intensidade das precipitações que em alguns casos são superiores à capacidade de infiltração ocasionando um rápido encharcamento que se reflete no escoamento superficial.

6.2.1 – INFILTRAÇÃO EM ÁREA DE MATA

As condições de preservação das áreas refletem diretamente na dinâmica da infiltração, pois na área que se apresenta florestada por remanescentes de mata, o volume

infiltrado foi de 107,6mm/70 minutos, volume muito superior à área agrícola com 22,5mm/70 minutos, faxinal com 12,6mm/70 minutos e a área com pastagem que apresentou um volume infiltrado de apenas 1,6mm/70 minutos.

A distribuição do volume infiltrado na área de mata demonstra uma alta capacidade de infiltração nos primeiros 10 minutos, com valores entre 13 e 25mm/5 minutos mantendo-se bastante equilibrada até os 40 minutos, com valores entre 9,0 e 5,0mm/5 minutos. A partir dos 45 minutos ocorre uma redução no volume infiltrado para cerca de 3,5mm/5 minutos. Porém não ocorre saturação no limite de tempo de 70 minutos estabelecido para os ensaios. Além da capacidade infiltração a floresta retém de uma grande quantidade de água da chuva, pelas copas e troncos. Por outro lado, a grande quantidade de serrapilheira e matéria orgânica presente no solo, permite uma alta taxa de infiltração.

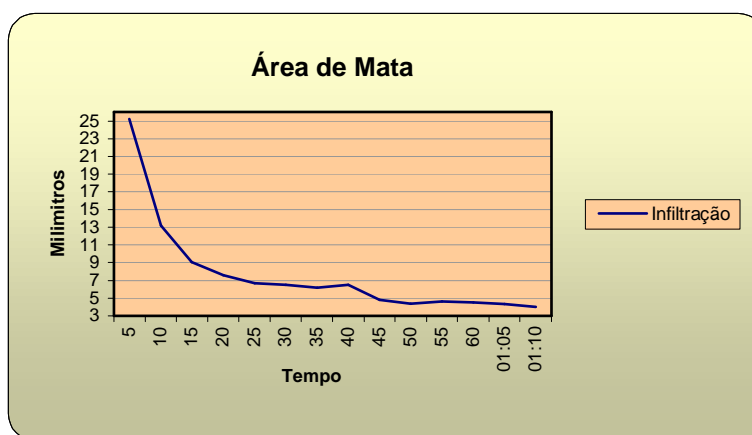


Figura 31: Comportamento da infiltração em área de mata

A vegetação também tem um papel importante sobre os agentes de transporte e tipos de escoamentos, pois reduz o escoamento superficial e facilita a infiltração. Deve-se considerar que mesmo nestas condições o escoamento e o transporte ocorrem. Porém, as proporções são bem menores e obedecem ao ciclo natural de alterações, responsáveis pelas alterações das características dos solos e do relevo. Do conjunto de elementos que interferem no processo de infiltração, a cobertura vegetal se destaca, pois além de aumentar a capacidade de infiltração, retendo parte da precipitação, também desempenha um papel muito importante no controle da erosão, reduzindo o impacto das gotas de chuva. Segundo Thornes (1980) *in* Guerra e Cunha (1995) ela exerce essa função de três

maneiras: primeiro, atuando sobre o escoamento superficial; segundo, no balanço hidrológico; e, finalmente nas variações sazonais da interceptação.

6.2.2 – INFILTRAÇÃO EM ÁREA DE FAXINAL

Embora a vegetação tenha um papel extremamente importante no processo da infiltração, no entanto, ocorrem áreas, que mesmo apresentando cobertura vegetal, a taxa de infiltração é baixa. Os faxinais representam bem estas áreas, visto que apresentam dois estratos de vegetação com gramíneas e arbóreas, mantendo o solo com uma boa cobertura o ano todo. No entanto, o volume infiltrado nesta área foi de 12,6mm/70 minutos.

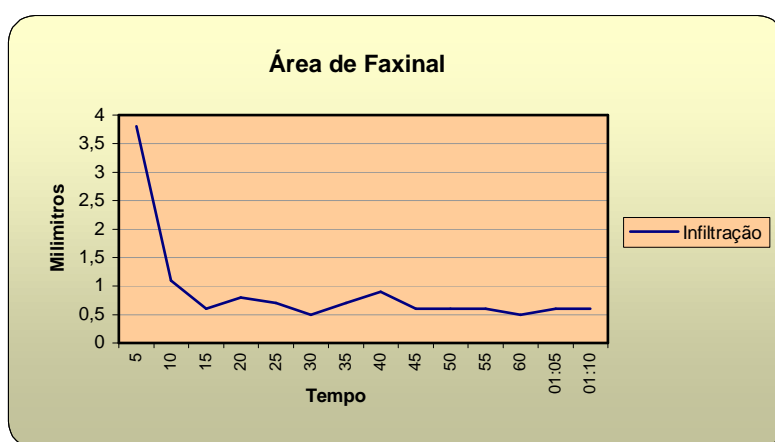


Figura 32: Comportamento da infiltração em área de Faxinal

A distribuição do volume infiltrado demonstra uma baixa capacidade de infiltração que se processa principalmente nos primeiros 10 minutos, com um volume acima de 1,0 mm/5 minutos. A partir dos 15 minutos os volumes infiltrados se mantêm entre 0,5 e 1,0 mm/5 minutos sem ocorrer saturação.

O fator que tem uma grande influência neste aspecto é a utilização destas áreas para criação de gado, onde o pisoteio dos animais acaba compactando significativamente à camada superficial do solo, que mesmo com uma boa quantidade de matéria orgânica, tem sua capacidade de infiltração reduzida em função da redução da porosidade do solo.

6.2.3 – INFILTRAÇÃO EM ÁREA DE PASTAGEM

A ocupação com pastagem, que poderia representar uma boa alternativa para manter áreas permeáveis, facilitando o processo de infiltração não se reflete na prática. Os ensaios de infiltração, realizados na área ocupada com pastagem demonstraram que os valores

infiltrados foram praticamente nulos, apenas 1,6 mm/70 minutos, sendo que, este volume representa apenas os primeiros 15 minutos, período em que ocorre a saturação do solo. O fator determinante nesse aspecto é a criação do gado, que por pisoteio torna o solo extremamente compactado, reduzindo a porosidade e, por conseguinte a capacidade de infiltração.

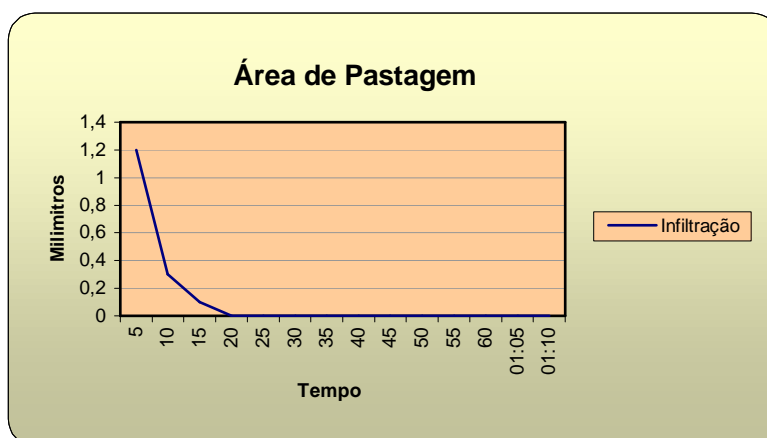


Figura 33: Comportamento da infiltração em área de pastagem

Sudo (2000) faz referência a bacias hidrográficas ocupadas com pastagens, em substituição à cobertura vegetal nativa (cobertura vegetal relativamente alta, com maior capacidade de armazenamento de água) por vegetação de gramíneas (cobertura vegetal baixa, com menor capacidade de armazenamento de água). Esta prática reduz a área foliar, o que se traduz em menor capacidade de absorção de água e, na redução da perda de água do solo por transpiração. Isso afeta as condições hídricas do solo de modo a haver menos água disponível à dissipação de energia por evapotranspiração do que em condições de vegetação nativa.

6.2.4 – INFILTRAÇÃO EM ÁREA AGRÍCOLA

Nas áreas ocupadas com agricultura, o cultivo é feito em terra arada e por se tratarem de pequenas áreas, praticamente inexistente a preocupação com técnicas agrícolas como curvas de nível, terraceamento e ou plantio direto, que diminuem a velocidade dos fluxos superficiais facilitando a infiltração e reduzindo o processo erosivo. O ensaio com infiltrômetro demonstrou que embora as áreas agrícolas apresentem as condições acima citadas, o volume infiltrado apresentou um comportamento regular com volume infiltrado de 22,5 mm/70 minutos. A distribuição dos volumes infiltrados se mostrou mais

equilibrada em relação às demais áreas, com valores entre 3,5 e 1,8 mm/5 minutos nos primeiros 15 minutos, se mantendo entre 1,6 e 1,1 mm/5 minutos até os 70 minutos. Este comportamento demonstra que o solo, embora perturbado pelas máquinas agrícolas apresenta-se com boa estrutura e porosidade.

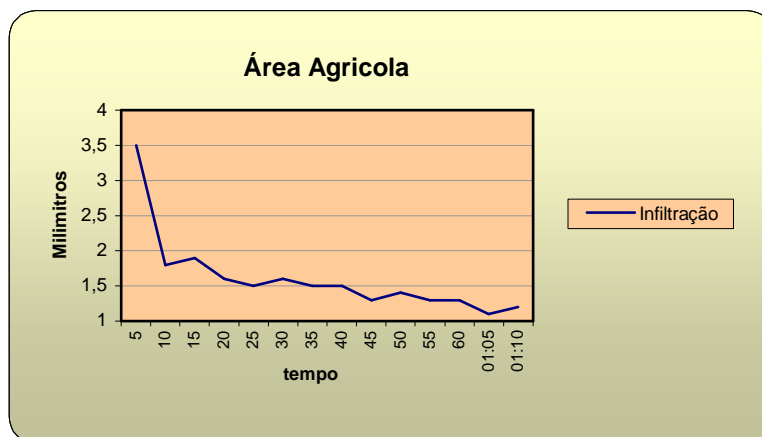


Figura 34: Comportamento da infiltração em área agrícola

É importante salientar, que quando adotadas técnicas agrícolas adequadas e a manutenção da cobertura vegetal, o comportamento dessas áreas frente aos processos hidrológicos é muito mais favorável. Isso produz um aumento no tempo de permanência da água na bacia, reduzindo assim o potencial erosivo, as descargas sólidas, a vazão do rio e facilitando a infiltração.

Para que a bacia hidrográfica tenha um comportamento relativamente equilibrado, é importante que quando da necessidade de intervenção antrópica, sejam observados tanto as condições naturais em que se encontra, como a intensidade e conseqüências das intervenções. É necessário que sejam buscadas alternativas menos impactantes, e que não venham a desempenhar uma alteração em cadeia.

Segundo Drew (1989), todos os sistemas naturais possuem, efetivamente, um elo mais fraco na relação causas e efeito, ou seja, um ponto em que o acréscimo de tensão, por mínimo que seja, pode provocar alterações em cadeia, atingindo todo o conjunto do sistema. Em condições naturais e normais, as tensões provocadas de mudanças são assimiladas com ajustes à base de troca de matéria e energia, de tal modo que todo o conjunto volta a ser equilibrado. Mas, o aparecimento do homem como elemento estranho ao sistema natural tem sido, desde o início, o principal fator causal de tensão provocadora dessas alterações em cadeia, além dos limites de suporte do sistema. Embora o homem vise basicamente a ampliação dos lucros, com o menor custo e em menor lapso de tempo

possível, algumas preocupações com o meio natural devem ser adotadas, tanto na utilização do solo para agricultura ou pastagem, como na ocupação do espaço urbano.

Deve-se considerar que a sustentabilidade da qualidade ambiental implica numa gestão integrada do processo de uso e manejo dos solos, das águas e das matas. É importante que se conheçam as características do solo, do clima, do relevo, e da drenagem e os processos físicos, químicos e biológicos inerentes aos mesmos para que se possa estimar o grau de estabilidade/instabilidade ou sustentabilidade do meio às mudanças e os limites de recuperação do sistema. Isso permite avaliar o potencial de uso das terras, diferenciando as áreas possíveis de utilização dentro de suas limitações daquelas que são impróprias para utilização com intuito produtivo.

6.3 - CRESCIMENTO URBANO DA CIDADE DE PRUDENTÓPOLIS

6.3.1 - PROCESSO DE FORMAÇÃO DO ESPAÇO URBANO

O município de Prudentópolis, desmembrado do município de Guarapuava foi constituído pela Lei Estadual nº 605, de 05/03/1906. Tem quase cem anos de história, no entanto, a criação da cidade de Prudentópolis só ocorreu em 14/03/1929 (PRZYGOSKI, 1972).

A constituição da cidade ocorreu de forma espontânea, tendo como base o povoado organizado próximo ao rio Xaxim, o qual visava atender viajantes e suprir as necessidades comerciais da população local. Vale salientar que a comunidade de Rio dos Patos foi uma das primeiras concentrações populacionais com características urbanas do Município, permanecendo pouco alterada. A criação da cidade de Prudentópolis obedece às necessidades levantadas por Carlos (1992). Ela diz que a cidade nasce das necessidades de se organizar um determinado espaço com objetivo de integrá-lo e aumentar sua independência, visando um determinado fim, isto é, a sobrevivência do grupo no lugar e o rompimento do isolamento das áreas, agora sob sua influência.

Santos (1994) afirma que o avanço das técnicas agrícolas teve uma grande influência no crescimento dos centros urbanos, em consequência do aumento de excedentes dos produtos agrícolas. Isso produziu uma diferenciação entre espaços e cidadãos, onde se percebe que nas cidades as atividades são bem distintas e os indivíduos têm maiores possibilidades de trabalho livre, fator que determina a concentração acentuada de pessoas nas cidades. Tal fator produz uma reestruturação e relocação dos aspectos da paisagem até

então considerada rural, que adquire formas diferenciadas e passa a exercer novas funções dentro de um processo contínuo de evolução. Por se tratar de uma cidade tipicamente agrícola, tais fatores têm importância não tanto no sentido de excedentes, mas principalmente a função de atender as necessidades da atividade rural.

Ao recuar-se no tempo pode-se perceber que em cada época a relação sociedade-espaço e a relação urbano-rural são distintas. Quanto mais se recua na história mais se encontra o indivíduo dependente das condições naturais e menos do urbano. Atualmente é perceptível que a relação homem natureza, dá-se dentro de um processo de trabalho que se situa dentro de um quadro mais amplo de produção de bens para satisfazer as necessidades humanas. Entretanto, o modo de utilização do espaço geográfico representado pelo uso residencial, áreas industriais, de lazer, hospitais, creches, escolas e toda infra-estrutura necessária ao transporte e a locomoção das pessoas é determinado pelo valor, que em seu movimento redefine constantemente a dinâmica do acesso ao solo urbano. Isso também é perceptível no espaço rural, onde o acesso a terras mais produtivas torna-se restrito as pessoas de maior poder aquisitivo, reduzindo as condições de produtividade e a manutenção das condições no meio rural, impulsionando o processo de êxodo rural.

A paisagem rural ou urbana é uma forma espacial da divisão do trabalho. O espaço, sendo um produto das relações que se estabelecem entre ele e a sociedade, tem, portanto, na paisagem o aspecto formal, resultado do produto da sociedade num determinado momento da organização. A paisagem atual aparece como mediação entre a paisagem passada e a futura revelando características históricas de sua formação (CARLOS, 1979).

O processo de urbanização em Prudentópolis, embora lento, ocorre de forma totalmente aleatória e sem preocupação com o meio natural, visto que a cidade se desenvolve junto às margens do rio Xaxim, com ocupações muito próximas, justificadas pela acessibilidade tanto das pessoas quanto dos animais à água. Os aspectos legais acabam ficando a mercê das decisões políticas e da população em geral, quando se trata do uso e ocupação do solo urbano e a preservação do meio ambiente. Mesmo com a implementação da Lei Federal 4.771/65 (Código Florestal), posteriormente alterado pelas Leis 7.803/89 e 7.875/89, que consideram de preservação ambiental permanente, não só as florestas, como as demais formas de vegetação natural. Instituem e disciplinam as faixas laterais das matas ciliares ao longo das nascentes, dos cursos de água, lagos e reservatórios. Estabelecem que em áreas urbanas, observar-se-á o contido nos planos diretores e leis de uso e ocupação do solo do município, desde que se obedeça ao contido na referida Lei. Contudo, as ocupações ocorrem de maneira aleatória e sem fiscalização pelos órgãos competentes.

É visível que a população busca principalmente o seu desenvolvimento econômico, e para tanto, não obedece a padrões naturais estabelecidos, sem com isso se tornar independente deles, e principalmente, de suas respostas frente às alterações ocasionadas dentro dessa busca pelo desenvolvimento econômico e facilidades.

No espaço urbano esta relação aparece mais explícita, no que tange à diversidade de usos do solo, representando modificações mais profundas em todos os aspectos do ambiente, variando suas intensidades de acordo com a extensão e densidade das edificações.

Essa dinamicidade do espaço e suas variáveis condições de uso na evolução temporal, se traduzem na necessidade de discussões quanto à aplicação de um plano diretor de uma cidade, visando adaptá-lo ao movimento específico do espaço local. Quanto à cidade de Prudentópolis, no âmbito legal não há necessidade de um Plano Diretor de Uso e Ocupação do Solo Urbano, sendo que este é obrigatório para cidades com população superior a 20.000 habitantes. Apesar disso a cidade dispõe de um Plano Diretor vigente, implementado pela Lei Municipal nº 983 de 10/12/1996, no qual estão os aspectos normativos e coercitivos para todas as atividades que correspondem de alguma maneira ao uso e ocupação do solo urbano. Porém a Prefeitura Municipal não dispõe de um órgão responsável pela aplicação do referido plano, tornando-o praticamente inaplicável.

Soja (1993) afirma que estamos num período que a problemática urbana tornou-se mais decisiva, em termos políticos, do que as questões da industrialização e do crescimento econômico. O espaço urbano é socialmente organizado pelo consumo e acumulação do capital e torna-se ponto de controle da própria reprodução da sociedade capitalista. O espaço urbano é permeado por relações de poder que viabilizam a diferenciação e a estruturação de diferentes territorialidades.

O valor de uso se refere à utilidade de cada mercadoria, neste caso o solo urbano, determinado pelas propriedades físicas do mesmo, como nas áreas de risco, o próprio risco se torna o principal fator de desvalorização, então, esses espaços estão ligados somente à renda absoluta. “A renda absoluta está ligada à própria propriedade da terra, sendo ela um bem finito, permite ao proprietário extrair uma renda absoluta”. A acumulação do capital e a transformação espacial são mais evidentes no espaço urbano, mas, por conseguinte as alterações, principalmente a dinâmica hídrica e a qualidade do ambiente, também acabam se manifestando de maneira mais imediata (GIL FILHO, 1996).

6.3.2 - A EXPANSÃO URBANA

A cidade atual é a expressão mais contundente do processo de produção da humanidade, sob a égide das relações desencadeadas pela formação econômica e social capitalista. No espaço urbano, representado pelas diferenciações das categorias, onde se tem: bairros, vilas, áreas marginais e área central, fundem-se interesses do capital, a ação do estado e a luta dos moradores, como forma de resistência à segregação do espaço residencial e pelo direito à cidade.

O desenvolvimento das forças produtivas impõe mudanças constantes e com estas, a modificação do espaço urbano. Estas mudanças são hoje cada vez mais rápidas e profundas, gerando novas formas e configurações espaciais. A cidade é também uma forma de apropriação do espaço urbano produzido, enquanto a materialização do trabalho social é instrumento da criação da mais-valia. Nessa condição apresenta um modo determinado de apropriação, que se expressa pelo uso do solo que se diferencia pelos processos de produção e utilização imobiliária. É importante que na medida que o processo se desenvolve sejam tomadas medidas que viabilizem um progresso relativamente equilibrado e com respeito às normas designadas para que as gerações futuras tenham seus direitos preservados (CARLOS, 1992).

Para Santos (1994), a ação que o homem realiza sobre o espaço que o rodeia, visando suprir as necessidades de manutenção da espécie no decorrer da história, não apenas acumula experiência, como também inova. A inovação pode ser lenta ou rápida, pode dar-se numa parte ou no espaço total, mas sempre há transformação. A relação do homem com a natureza é progressiva e dinâmica, ocorrendo de forma recíproca. Porém, a natureza vai registrando e incorporando as ações do homem, adquirindo diferentes feições, referentes aos diferentes momentos históricos e produzindo conseqüências geralmente cumulativas.

Ross (1991) considera que o homem, como ser social, interfere criando novas situações ao construir e reordenar os espaços físicos, como: a implantação das cidades, a retificação dos canais fluviais etc. Tais modificações alteram todos os elementos da paisagem envolvida, acentuando as transformações e sua dinâmica. Dentro dessa perspectiva, fica evidente a importância do entendimento da dinâmica das unidades de paisagens, onde as formas do relevo e a ocupação antrópica sobre o mesmo são elementos fundamentais no entendimento dos fenômenos verificados.

Santos (1994) também aborda a importância do planejamento na ocupação do espaço urbano, visto que a apropriação e transformação inadequada deste espaço alteram as dinâmicas naturais, produzindo uma natureza hostil e devastadora.

6.3.3 – O CRECIMENTO DO ESPAÇO URBANO DE PRUDENTÓPOLIS

A cidade de Prudentópolis, embora tenha um significativo crescimento da população urbana, apresenta características bem distintas das que se verifica no urbano nacional, considerando que 81,2% da população brasileira esta domiciliada na área urbana, segundo dados do censo do IBGE (2000).

Atualmente o município de Prudentópolis conta com uma população de 46.346 sendo deste total 60,57% residentes na área rural e somente 39,43% residentes no espaço urbano (IBGE, 2000). Em relação à população urbana, esta se manteve bem estável até a década de 90 (Figura 35). Porém na década de 90 ocorre um incremento no crescimento da população urbana e uma redução significativa no percentual rural. Isso resultou principalmente das políticas públicas voltadas as concessões de incentivos para instalação de indústrias e geração de empregos, além da falta de estímulo aos produtores rurais.

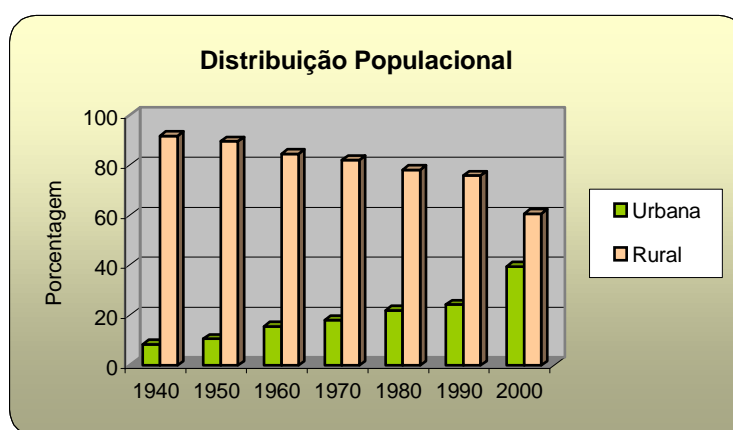


Figura 35: Distribuição percentual da população nas últimas 6 (seis) décadas

O comportamento da distribuição populacional no período analisado, denota uma clara tendência de aumento da população urbana e redução na população rural, equiparando os valores percentuais que ainda são bem maiores na população rural. Uma das particularidades que influenciam a permanência de um grande contingente populacional na zona rural é a predominância da pequena propriedade e o fator geomorfológico do território, com relevo muito dissecado constituído principalmente por topos e vertentes convexas. Isso dificulta ou impede a mecanização das áreas e conseqüentemente aumenta a necessidade de mão de obra no campo. Por outro lado, as dificuldades e os baixos rendimentos da produção agrícola na área rural e a inexpressiva atividade industrial e comercial da área urbana, fazem com que muitos habitantes migrem

para a capital e ou municípios maiores em busca de empregos. Esse fenômeno fica claro nas análises feitas com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) que tratam do crescimento populacional nos últimos 60 (sessenta) anos (Figura 36).

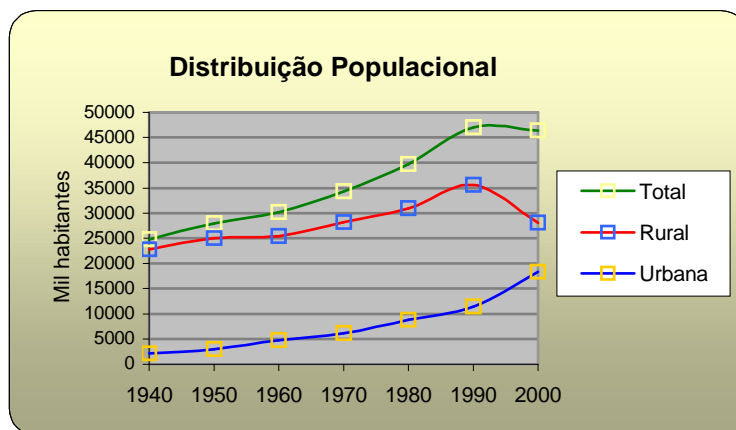


Figura 36: Variação populacional por década nos últimos 60 (sessenta) anos

O período de 1940 a 1990 demonstra que a população de Prudentópolis, mesmo que com certas instabilidades, manteve uma dinâmica de crescimento e distribuição bastante homogênea entre a população total e sua distribuição rural e urbana. Porém, a partir da década de 90 ocorre uma ruptura na linha de tendência que se mantinha relativamente homogênea entre os valores, onde os percentuais de crescimento total e rural tornam-se negativos, havendo apenas o crescimento da população urbana. Os percentuais atuais da população são de 60,5% da população residindo na área rural e 39,5% na área urbana. Este comportamento, embora obedeça a uma tendência nacional e até mundial, demonstra que o município ainda é predominantemente rural, porém as taxas de crescimento apresentadas convergem para o aumento da população urbana.

As taxas de crescimento da população apresentam períodos mais estáveis, onde os percentuais são bem equilibrados entre o total da população e sua distribuição rural e urbana e períodos onde ocorrem grandes disparidades entre os percentuais como mostra a Figura 37.

Os períodos mais estáveis representados pelas décadas de 40, 60, 70 e 80, apresentaram taxas de crescimento para população total que variaram entre 12 e 18,5%. Já a população urbana apresentou a maior variação, com valores entre 30 e 43%. A população rural por outro lado, manteve baixas taxas de crescimento, as quais variaram entre 9,5 e 15%.

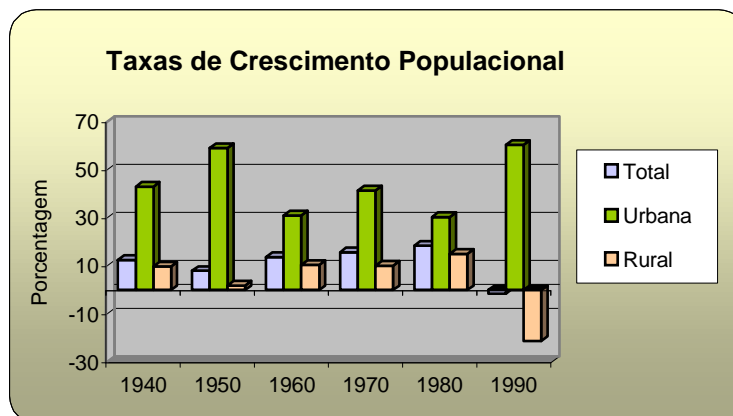


Figura 37: Taxas de crescimento populacional por década nos últimos 60 (sessenta) anos

As décadas de 50 e 90 representam os períodos instáveis, visto que, as taxas de crescimento registradas em 50 foram de 7,9% para população total, 59% para a população urbana e apenas 1,8% para a população rural. Na década de 90 as taxas ficam ainda mais acentuadas, considerando que a população total se reduz em 1,4%, a população rural se reduz em 21%, enquanto a população urbana aumenta 60%, refletindo no adensamento e na ampliação do espaço urbano. Estas variações na dinâmica populacional, que se refletem nas taxas de crescimento urbano, estão diretamente relacionadas com as políticas públicas não eqüitativas para o setor rural e urbano e principalmente os períodos em que se adotam tentativas de expansão industrial, fator que se apresenta como grande atrativo para o incremento da população urbana.

Outro fator que tem relevância no município de Prudentópolis é o comportamento climático, que quando se apresenta muito chuvoso ou com grandes estiagens em períodos de safra resulta em grandes perdas na produção. Isso acaba por desestimular muitos dos pequenos agricultores com menor poder aquisitivo, que muitas vezes transferem seus domicílios para cidade, onde julgam ser mais fáceis e melhores as condições de vida.

Analisando-se a evolução do espaço urbano (Figura 38) vê-se que este tem uma dinâmica mais estável, embora se percebam ampliações maiores principalmente nas últimas décadas do século XX.

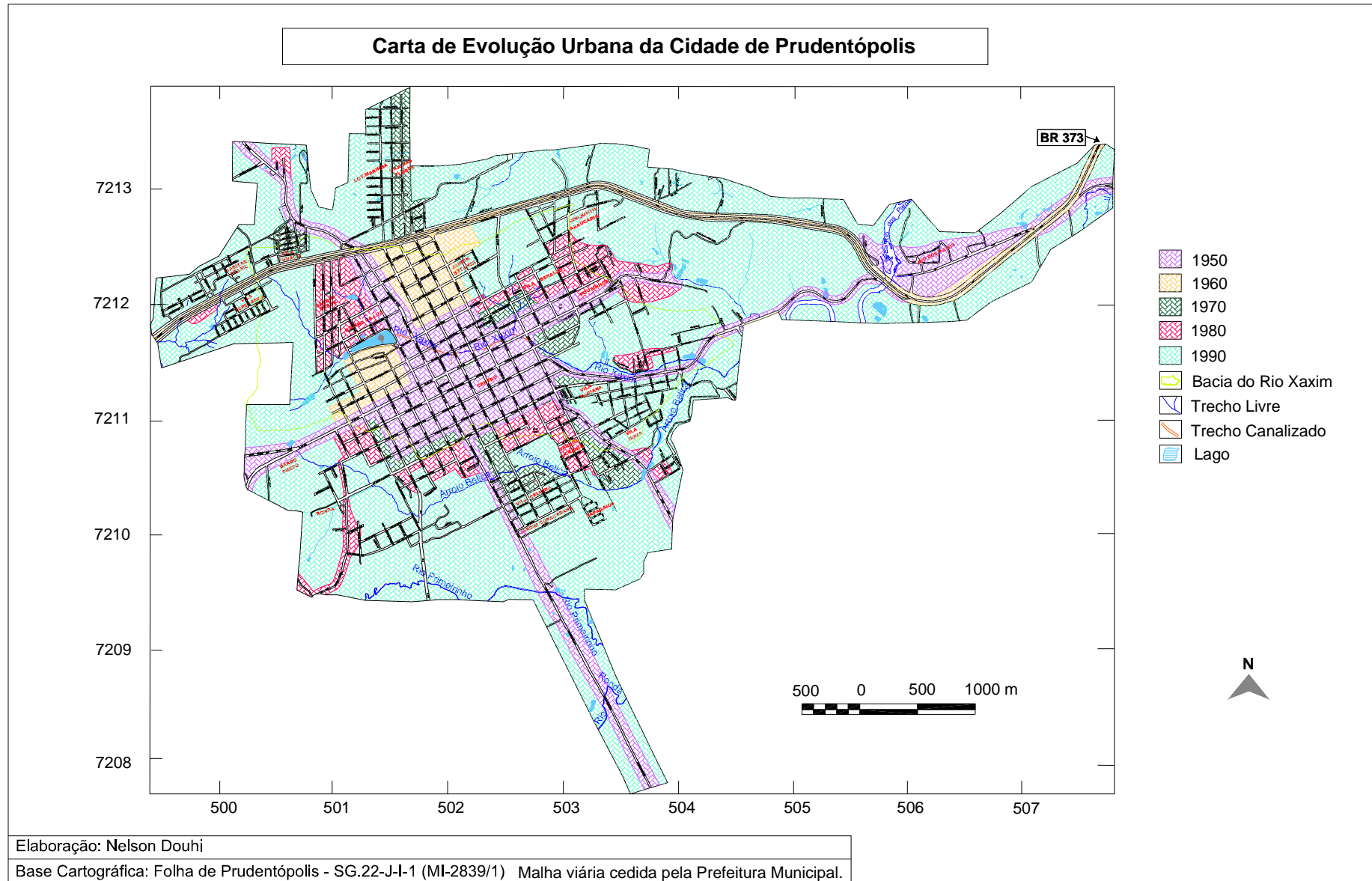


Figura 38: Carta de evolução urbana da cidade de Prudentópolis, 2003

Apesar de não existirem dados anteriores a 1950, que permitissem analisar um período mais longo, a análise da década de 50 (cinquenta) permitiu diagnosticar a tendência de se ocupar áreas próximas ao rio Xaxim, que atualmente vem apresentando riscos de alagamentos. Nessa década, já havia uma grande concentração residencial e comercial na região central, onde se iniciara o processo de urbanização, e junto às principais vias de acesso à cidade. Por se tratar de um pequeno conglomerado urbano a área central não apresentava problemas relacionados às mudanças no comportamento hidrológico, em especial a redução das taxas de infiltração e a ampliação do escoamento superficial. Além de não existirem tais problemas a falta de fiscalização por parte do Poder Público Municipal e a despreocupação da população com os possíveis riscos, resultaram em fatores contribuintes para ocupação dos fundos de vale.

A década de 60 (sessenta) é marcada por um crescimento urbano pouco expressivo, ficando restrito basicamente ao adensamento dos espaços já considerados urbanos. Merece destaque nesse período a implantação de dois novos loteamentos localizados na porção norte e oeste da cidade, ambos compondo o atual centro. O loteamento da parte norte foi fortemente influenciado pela construção da atual BR 373, que por promover uma maior facilidade ao deslocamento, influenciou na ocupação e na valorização imobiliária dessa região. A rodovia também provocou pequenas mudanças na dinâmica hídrica, pois funciona como um divisor artificial de águas.

A construção da BR 373 foi extremamente importante para a consolidação das ocupações dos espaços ociosos que se localizavam próximos à mesma. Também representou uma significativa valorização territorial, que se reflete no atual padrão arquitetônico e estrutural das construções, típicas de classe média-alta. A área localizada à oeste da cidade foi influenciada pela localização de uma indústria madeireira, atualmente desativada, que oferecia moradia para parte de seus funcionários, condicionando assim a implementação de outros requisitos como arruamento, rede elétrica, água etc.

A década de 70 (setenta) também não representou um expressivo crescimento urbano, visto que, a administração municipal dessa época desenvolveu uma política voltada especialmente ao setor agrícola, o que permitiu a permanência de um maior número de pessoas nas áreas rurais. Nesse período são implantados dois loteamentos “Vila Nova e Vila das Flores” o primeiro à margem direita da BR 373 (muito pouco ocupado neste período, tornando-se mais densamente ocupado só em meados da década de 80), o segundo na porção sudeste da cidade (com maior ocupação), é também influenciado pela instalação de uma indústria madeireira, ainda em atividade. Embora tenham sido

implantados vários novos loteamentos, este período se caracterizou por poucas ocupações. Como ponto significativo no espaço urbano, vale salientar que foi na década de 70 que se implantou o primeiro conjunto habitacional “Vila Iguazu” em convênio com o Banco Nacional da Habitação (BNH), fator que de certa forma influenciou a ocupação de novos espaços até então ociosos e garantiu o acesso à moradia às pessoas de baixa renda.

Na década de 1980 ocorre um adensamento maior nas áreas ainda ociosas. Também são identificadas novas inclusões ao espaço urbano, assim como o surgimento das áreas periféricas com loteamentos voltados a atender a demanda da população de menor poder aquisitivo. Nesse período surgem os bairros da “Ronda, Jardim Brasil, Vila Beraldo, Vila Delmira e Bairro da Luz”. Nessa época, já se verifica um significativo crescimento dos espaços urbanizados que são influenciados principalmente pela migração de pessoas da área rural. No final da década de 80 e principalmente na década de 90 (noventa) são verificados os maiores crescimentos do espaço urbano com a criação dos bairros “Vila Esperança, Loteamento Maringá, Papagaios, Jardim das Orquídeas, Vila Mariana, Jardim Independência” além da densificação em bairros já existentes. Associados ao crescimento urbano começam a ser registrados problemas relacionados à ampliação e concentração do escoamento superficial, influenciado pela ampliação dos espaços impermeabilizados resultando em ocorrências de alagamentos na área central da cidade.

A crescente expansão urbana resultou de uma política municipal voltada à instalação de indústrias e a geração de empregos, fatores que influenciaram significativamente no êxodo rural e obrigaram o Governo Municipal criar novos loteamentos, implantar novos Conjuntos Habitacionais com apoio da COHAPAR² e o próprio incentivo às ocupações irregulares em uma área pertencente à Aeronáutica, atual “Vila Mariana”. Esta crescente ocupação do espaço urbano exige a realização de obras básicas de saneamento, essenciais para o bem estar da população, itens que deixam de ser executados em função do seu alto ônus para os cofres públicos.

Este período também apresentou um significativo aumento na densidade das áreas centrais, com novas construções, reestruturações residenciais e principalmente a implantação de novos estabelecimentos comerciais. Muitas destas transformações ocorreram nas margens ou sobre o leito do rio Xaxim, onde atualmente se verificam obstruções no canal fluvial, representadas por: colunas, saliências e canalizações da rede de esgotos e água. Conforme lembrado, tais irregularidades são resultantes da falta de um

² Companhia Habitacional do Paraná.

acompanhamento técnico por profissionais da área de planejamento ambiental, pela falta de fiscalização da Secretaria de Obras e Engenharia e até pela própria inaplicabilidade do Plano Diretor de Uso do Solo Urbano. É evidente que somente o processo de urbanização não resulta nas problemáticas existentes, no entanto, devem ser considerados os fatores como: as características do relevo (suave ondulado com predomínio de declividades entre 3 e 8%), a predominância de Neossolos Litólicos e Cambissolos, a baixa declividade no médio e baixo curso e a rugosidade produzida pelas alterações antrópicas executadas no canal fluvial. Em conjunto, estas variáveis influenciam diretamente na dinâmica hídrica da bacia hidrográfica.

6.3.4 – PROCESSO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA BACIA

Associado ao processo de expansão urbana, se desenvolve o processo de impermeabilização das áreas, determinadas pelo padrão das construções e suas finalidades específicas.

As características apresentadas pela cidade de Prudentópolis em relação à ocupação do espaço urbano, demonstram que esta tem um caráter mais residencial e comercial, tendo em vista, que a indústria é pouco expressiva. No aspecto geomorfopedológico, as características apresentadas são bastante favoráveis à ocupação em praticamente toda bacia, não havendo áreas com declividades muito acentuadas e ou solos de baixa estabilidade. Existem alguns fatores limitantes à ocupação que devem ser considerados como: áreas de risco a alagamentos, proteções de mananciais e remanescentes florestais. Porém, há necessidade de uma maior conscientização da população que ocupa estas áreas e principalmente maior eficiência dos órgãos encarregados pela fiscalização, em não permitirem tais ocupações.

O desenvolvimento do tecido urbano de Prudentópolis ocorre de forma bastante espontânea, porém merecem destaque a construção da rodovia BR 373 e a implementação de núcleos habitacionais de baixa renda, que constituem agentes de modificação e aceleração da urbanização, os quais produzem diferenças marcantes na estrutura morfológica da cidade, configurando assim paisagens diferenciadas.

O traçado do arruamento urbano apresenta uma disposição paralela e perpendicular às curvas de nível, com quarteirões em formato retangular e quadrado, caracterizando uma configuração de tabuleiro. As ruas são largas, em torno de 15 metros, o que facilita o fluxo de veículos e pessoas, promovendo a interligação da área comercial com as áreas

residenciais. O índice de áreas verdes é elevado, considerando as praças, reservas e a arborização das ruas (Figura 39).



Figura 39: Configuração do espaço urbano de Prudentópolis. Foto: Nelson Douhi - 2003

Embora possua áreas verdes, a bacia do rio Xaxim apresenta taxas de impermeabilização significativas, variando de acordo com a localização, o padrão das construções e a finalidade a que se destinam as edificações. Estas diferenciações foram consideradas e agrupadas em unidades no mapeamento das taxas de impermeabilização (Figura 40).

Na (Unidade1), representada pelo centro-norte da cidade, se evidencia uma forte concentração de edificações residenciais e principalmente comerciais, abrigando o centro da cidade, onde o fluxo de veículos é mais intenso. As edificações são na maioria de projeção horizontal, com alguns edifícios com mais de três pavimentos. A porção leste apresenta uma forte concentração residencial. A taxa de impermeabilização da Unidade 1 é de 79% representando o maior percentual da bacia.

A (Unidade 2) ocupa grande parte do centro da cidade e apresenta uma taxa de impermeabilização de 58%. É composta principalmente por edificações residenciais, com características de alto padrão.

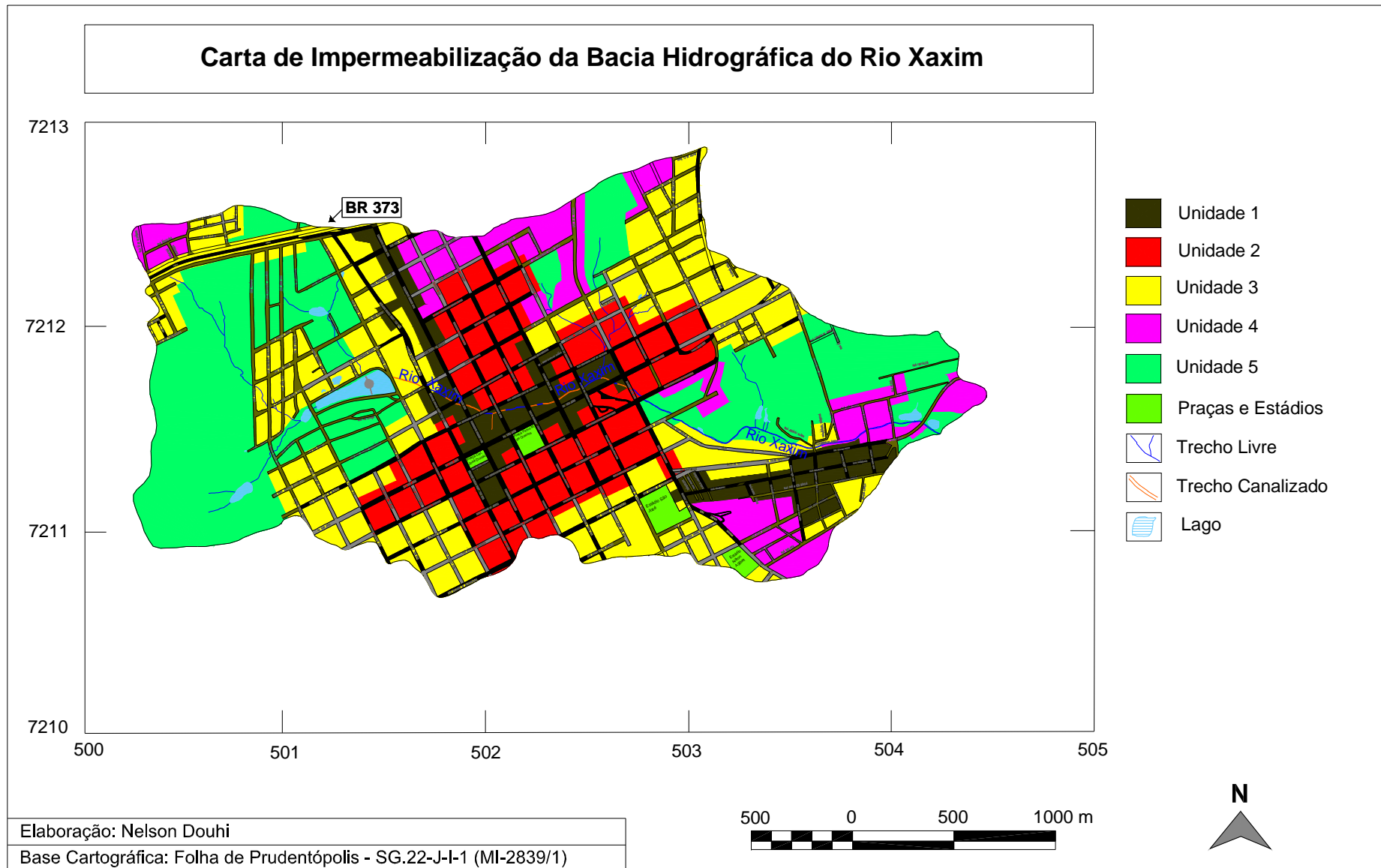


Figura 40: Carta de impermeabilização da bacia do rio Xaxim

A (Unidade 3) é a mais representativa da bacia, abrigando edificações residenciais com menor área construída e de padrão arquitetônico mais baixo. Representa no geral os bairros com urbanização num estágio intermediário. Possui 49% de sua área impermeável.

A (Unidade 4) ocupa uma pequena porcentagem da bacia e representa os bairros que tiveram sua implantação recente. É constituída principalmente por edificações residenciais, apresentando grandes vazios ocupacionais e com carência de maior infra-estrutura como: ruas asfaltadas, calçadas, rede de esgotos, arborização, etc.

A (Unidade 5) representa todas as porções da bacia que se encontram sem urbanização. São ocupadas com atividades agrícolas, pecuária e remanescentes florestais, os quais têm uma função importante no processo de infiltração e conseqüentemente na redução do escoamento superficial.

Esta diferenciação das taxas de impermeabilização e a participação de cada unidade em relação ao total da bacia, podem ser observadas na Figura 41, onde se percebe que as áreas mais impermeabilizadas ainda ocupam menos de 10% da bacia. Isso demonstra que ainda existem muitos espaços ociosos, porém, na medida que estes forem sendo impermeabilizados os problemas ligados ao escoamento superficial também irão se acentuar.

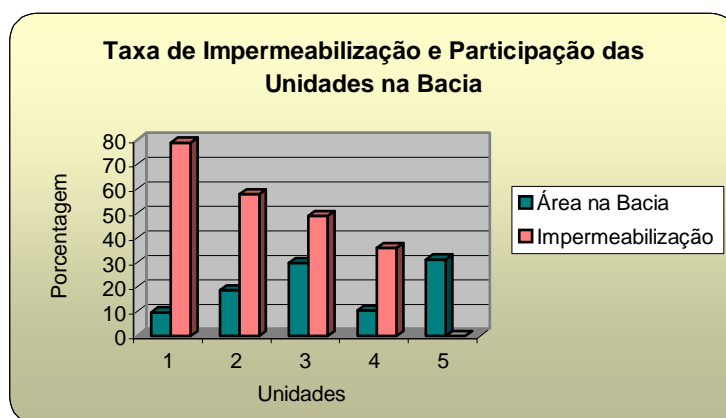


Figura 41: Taxas de impermeabilização e participação das unidades em relação ao total da área da bacia do rio Xaxim

As áreas ocupadas por cada unidade representam também a contribuição diferenciada que cada unidade terá no processo de infiltração. A Tabela 5 apresenta valores que demonstram que a bacia do rio Xaxim ainda possui pequenas áreas com altas taxas de impermeabilização, pois a bacia possui apenas 37% de sua área total impermeabilizada.

Tabela 5 – Representação das unidades em relação área total da bacia e suas respectivas taxas de impermeabilização

Unidades	Área por Unidade m²	Percentual na Bacia (%)	Área Impermeável m²	Percentual Impermeável (%)
1	576.511,00	9,7	455.443,69	79
2	1.108.052,00	18,7	642.670,16	58
3	1.764.951,00	29,8	864.825,99	49
4	617.060,00	10,4	222.141,60	36
5	1.853.646,00	31,3	0,00	0
Total	5.920.220,00	100	2.185.081,44	37

A taxa de impermeabilização de cada unidade representa a soma das áreas envolvendo edificações acrescidas de ruas e calçadas. No entanto, é sabido que à medida que o processo de urbanização torna-se mais acentuado ocorre o aumento das taxas de impermeabilização, fatores que produzem alterações importantes no balanço hídrico. A impermeabilização do solo também impede a infiltração das águas da chuva, as quais são captadas e drenadas pelas tubulações de águas pluviais, contribuindo para pouca permanência na bacia, o que resulta num excedente de escoamento superficial que sobrecarrega o canal de drenagem principal.

6.3.5 – CONSIDERAÇÕES SOBRE O CRESCIMENTO URBANO

A análise do crescimento do espaço urbano em relação à dinâmica populacional, apresenta de forma clara a interação entre a ocupação espacial e as conseqüências que resultam desta. A cidade de Prudentópolis tem demonstrado uma dinâmica pouco favorável na preservação da qualidade ambiental, tendo em vista que as políticas públicas não restringem a ampliação desordenada do sítio urbano e não aplicam os dispositivos legais contidos no Plano de Uso e Ocupação do Solo Urbano. Embora o crescimento médio da população urbana seja de 44,18% por década, verificou-se na década de 90 (noventa) um crescimento de 60,42%, representando um incremento de 16,24% acima da média. Por outro lado a população rural que tinha um crescimento médio de 9,45% por década até 1990, na última década registrou uma redução de 21,20% o que de certa forma justifica o

crescimento urbano. Este aspecto aponta para necessidade de reformulações nas políticas públicas a serem adotadas, visando garantir a permanência da população rural e reduzir os reflexos que o crescimento urbano vem apresentando, como aumento das taxas de impermeabilização e as conseqüentes modificações no balanço hídrico. É importante também, que o poder público tome iniciativa em recuperar e preservar áreas de mananciais dentro do espaço urbano, visto que existem leis que tratam especificamente dos problemas identificados na cidade de Prudentópolis. Dentre as leis que condicionam a preservação ambiental estão a Lei Federal 6.938 de 31/08/1981 que apresenta de forma clara as políticas normativas a serem seguidas, quanto ao uso dos recursos naturais e a proteção do meio ambiente. Zamuner (2001) desataca a Lei Federal 6.902/81 de 27/04/81 que cria as Áreas de Preservação Ambiental (APA's) e Estações Ecológicas (EE) a qual permite com que as áreas de mananciais e reservas existentes no espaço urbano de Prudentópolis sejam transformadas em Estações Ecológicas. A criação destas áreas está amparada pela Lei Federal 7.797 de 10/09/89 que institui o Fundo Nacional de Meio Ambiente (FNMA) que tem como objetivo desenvolver projetos que visam o uso racional dos recursos naturais, incluindo a manutenção, melhoria ou recuperação da qualidade ambiental no sentido de elevar a qualidade de vida da população brasileira.

A necessidade de intervenções no processo de expansão urbana e na adequação do uso do solo urbano às normas do Plano Diretor da cidade de Prudentópolis não é atual e possivelmente não será imediata. Porém o adiamento dessas medidas pode gerar efeitos em cadeia, ocasionando maiores transtornos e maiores gastos na recuperação do ambiente.

7 - IMPLICAÇÕES HIDROLÓGICAS NA BACIA

A caracterização dos fenômenos hidrológicos, como a precipitação e vazão, a qual a bacia hidrográfica está inserida, constitui a base para o gerenciamento ambiental de áreas urbanas. Porém, para que estes parâmetros sejam identificados, existem outros fatores que devem ser considerados, como o uso, tipos de solos, geomorfologia, infiltração, etc.

Quando nos referimos aos fenômenos urbanos, suas causas e conseqüências, fica evidente a necessidade de se fazer uma avaliação geossistêmica, considerando que as alterações provocadas pelas atividades humanas ou ligadas a elas, são elementos aceleradores das modificações verificadas nas vertentes, além disso, alteram as relações processuais. A chuva deixa de ser interceptada, reduz-se à capacidade de infiltração proporcionando assim a desagregação do solo aumentando o fluxo por terra e com isso provocando inundações (CASSETI, 1991).

Segundo Horton *in* Guerra e Cunha (1995), os fluxos de superfície são ocasionados pelo excedente de precipitação e sua relação com a capacidade de infiltração, visto que a dinâmica hidráulica subsuperficial varia de uma área para outra, em função das características geográficas locais, representadas pela topografia, descontinuidades no perfil dos solos, a umidade antecedente e intensidade das chuvas que precipitam e o uso a que se destinam.

Dependendo da dinâmica dos fluxos superficiais e sub-superficiais, da tipologia dos solos e da forma de ocupação, tem-se o leito fluvial, que corresponde ao espaço ocupado pelo escoamento das águas. A velocidade das águas de um rio depende de fatores como: declividade do perfil longitudinal, volume de águas, forma da seção transversal, coeficiente de rugosidade do leito e viscosidade da água. Tais fatores fazem com que a velocidade tenha caráter dinâmico, no entanto as modificações como a dragagem visando a ampliação do canal ou o seu aprofundamento tende a acelerar a velocidade. A alteração na eficiência do fluxo também é dada pelo aparecimento de obstáculos (GUERRA, 1995).

Atualmente a bacia hidrográfica do rio Xaxim tem apresentado uma significativa densificação nas áreas que correspondem o centro da cidade. Essa densificação é resultado de novas construções, reestruturações residenciais e principalmente a implantação de novos estabelecimentos comerciais. Muitas destas transformações vem ocorrendo nas margens ou sobre o leito do rio Xaxim onde se verificam atualmente obstruções no canal fluvial representadas por colunas de construções, canalizações do canal feitas sem

planejamento, saliências, canalizações da rede de esgotos pluviais além de bancos de areia que se formam pelo depósito de sedimentos (Figura 42).



Figura 42: Construção sobre o leito, canalização feita de maneira aleatória, colunas e bancos de areia, representam alguns dos problemas relacionados à ocupação junto ao canal do rio Xaxim.
Foto: Nelson Douhi – 2002

Tais irregularidades resultam da falta de um acompanhamento técnico, que deve ser feito por profissionais da área de planejamento ambiental, pela falta de fiscalização da Secretaria de Obras e Engenharia e da inaplicabilidade do Plano Diretor de Uso e Ocupação do Solo Urbano. É evidente que somente o processo de urbanização não produz os problemas existentes, também devem ser consideradas as características naturais da bacia.

Com base nos dados da análise do comportamento chuva-vazão ficou evidente que a urbanização tem influência direta no comportamento hídrico. Os fatores mais importantes nesse aspecto são os rápidos picos de vazão e as disparidades exorbitantes entre descarga média e máxima. Verificou-se que a velocidade de fluxo apresenta comportamentos diferenciados sendo menor durante a ascensão do nível quando sofre influência lateral e maior quando os fluxos laterais diminuem. Isso demonstra que está ocorrendo um estrangulamento do canal e conseqüentemente uma redução na capacidade de escoamento durante os picos maiores de vazão.

As vazões verificadas apresentaram uma amplitude muito grande, considerando que a média do período entre março de 2002 e fevereiro de 2003 foi de $0,610 \text{ m}^3/\text{s}$ e a máxima verificada foi de $13,935 \text{ m}^3/\text{s}$. Isso representou um aumento de 1.293% em relação à vazão média e cerca de 5.958% em relação à vazão mínima na qual foi registrado um volume de apenas $0,023 \text{ m}^3/\text{s}$ como mostra (Figura 43).

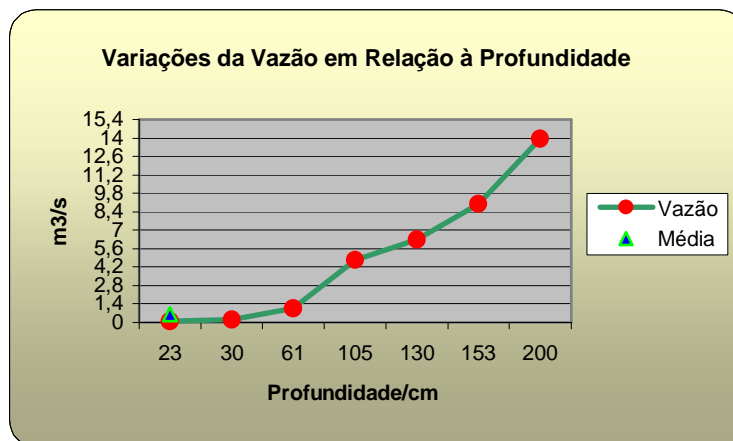


Figura 43: Oscilações da vazão do rio xaxim; calculadas no período de mar/2002 a fev/2003 com base nas variações de nível máximo diário.

Essas expressivas variações da vazão estão associadas ao rápido período de resposta do canal e a ocorrência de chuvas de grande intensidade principalmente nos meses de maio, setembro e janeiro, configurando-se em períodos de maior risco a alagamentos.

Com base nos valores de precipitação e vazão diária foi aplicado o Modelo Hidrológico “SMAP” visando obter valores de outras variáveis que influenciam na dinâmica hídrica. No entanto nem todos os dados gerados pelo Modelo puderam ser considerados, pois como se trata de uma bacia hidrográfica urbana, a dinâmica hídrica é extremamente rápida e instável. Assim alguns valores fornecidos pelo Modelo acabam não representando a realidade da bacia.

As análises foram feitas com o período de um ano subdividido em quatro períodos sazonais. Os dados de precipitação foram coletados em três postos e analisados com base na metodologia de Thiessen. Os dados de vazão são resultados do acompanhamento das variações de nível que foram convertidos em volumes de vazão.

Com base nos dados da modelagem, assim como dos acompanhamentos realizados ao longo do período de estudo, percebeu-se que além da relação entre os valores precipitados e as oscilações na vazão do rio Xaxim, existe uma significativa contribuição dos processos ocupacionais na dinâmica da bacia hidrográfica.

O período de março a maio de 2002 apresentou poucos picos de vazão, influenciado pelo número reduzido de precipitações. Entretanto, percebeu-se que este período teve uma relação proporcional entre os maiores valores precipitados e as maiores vazões verificadas (Figura 44).

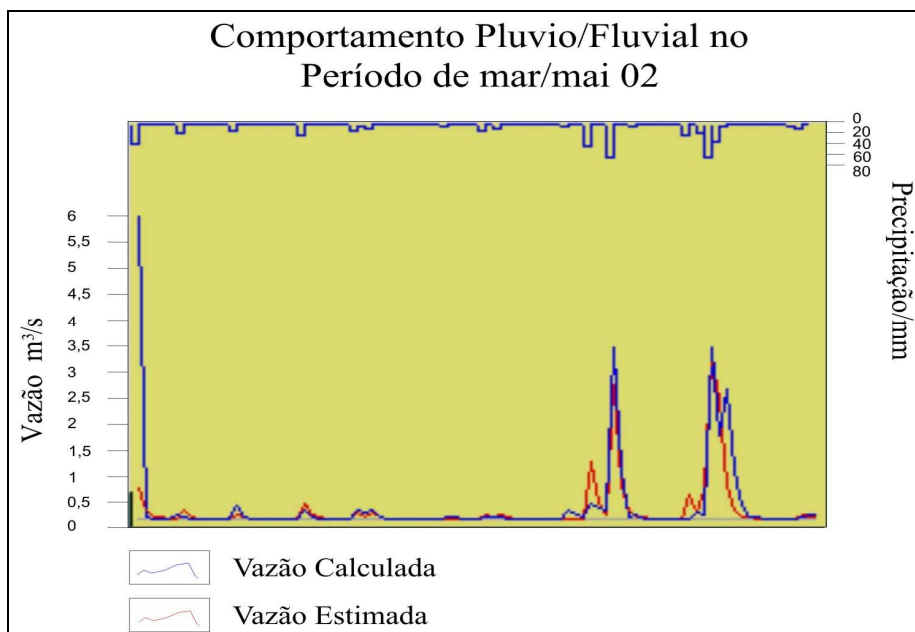


Figura 44: Distribuição das precipitações e vazões no período de março a maio/2002

A vazão estimada pelo Modelo apresentou alguns picos diferenciados em razão de que o mesmo considerou as maiores precipitações como as que apresentaram as maiores vazões, o que não se verifica em todos os casos, pois o fator preponderante é a intensidade da chuva.

No período de junho a agosto de 2003 foram registrados poucos picos de vazão, sendo estes, principalmente nos meses de julho e agosto. No mês de junho foi registrada apenas uma ocorrência de precipitação. Vale salientar que este período foi atípico ao que se verificou na análise pluviométrica do período de 1988 – 2002, abordada no item 5.

A relação entre os valores de vazão calculada e a vazão estimada pelo Modelo apresentou um comportamento semelhante no que tange as ocorrências, por outro lado os valores estimados ficaram bem inferiores aos calculados, como mostra a Figura 45.

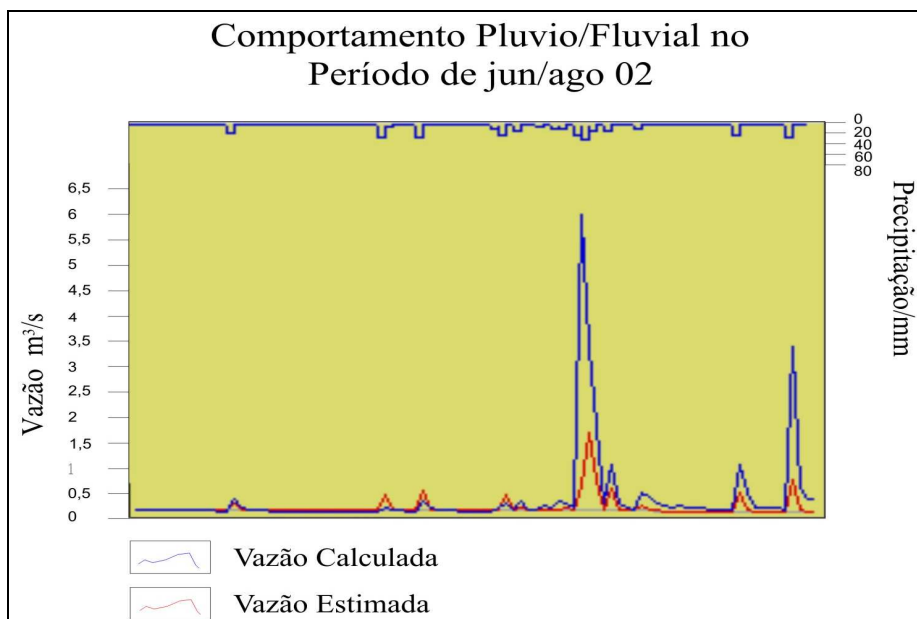


Figura 45: Distribuição das precipitações e vazões no período de junho a agosto/2002

No período de setembro a novembro de 2002, ocorre um aumento expressivo na ocorrência de precipitações resultando num aumento dos picos e nos valores das vazões (Figura 46). O mês de setembro registrou o maior pico de vazão do período de análise, com $13,935 \text{ m}^3/\text{s}$. Embora este mês não apresente os maiores volumes precipitados, há um predomínio de chuvas de grande intensidade o que resulta em vazões elevadas. Os valores estimados pelo Modelo apresentaram um maior número de picos, porém de menor intensidade.

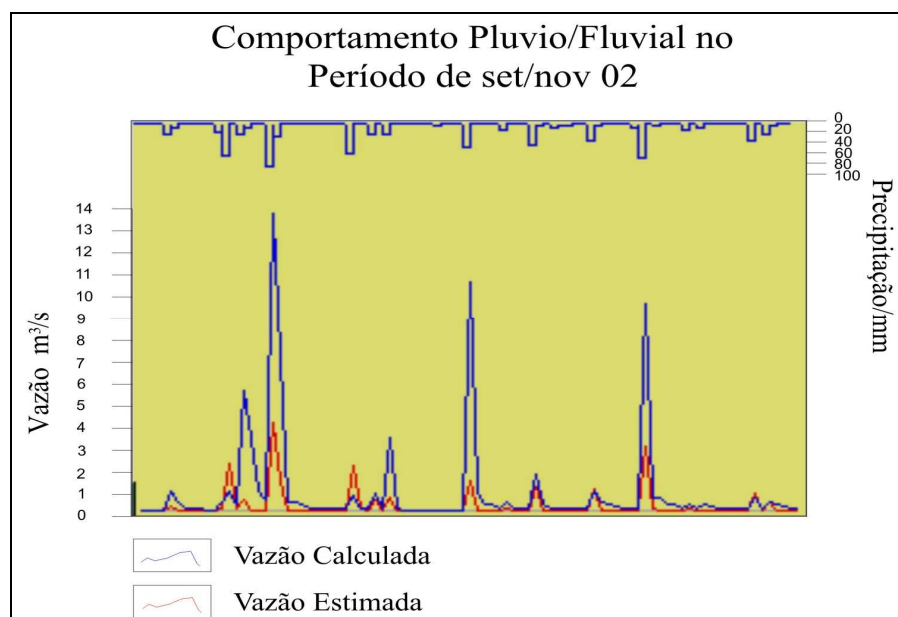


Figura 46: Distribuição das precipitações e vazões no período de setembro a novembro/2002

O período de dezembro/2002 a fevereiro/2003 que representa a estação chuvosa, foi o que realmente teve o maior registro de picos de vazão, além de registrar a maior média. O grande número de ocorrências de precipitação faz aumentar os picos de vazão, porém, isso não se reflete nos maiores volumes escoados. No que se refere aos maiores picos de vazão, há uma relação direta com os volumes precipitados, porém quanto aos picos intermediários esta relação deixa de existir, como mostra a Figura 47.

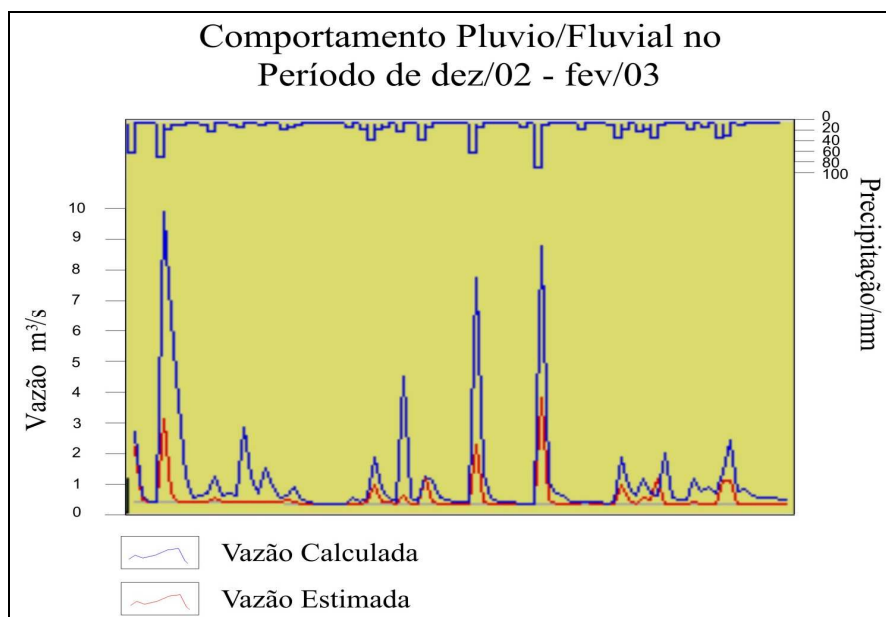


Figura 47: Distribuição das precipitações e vazões no período de dezembro/2002 a fevereiro/2003

Quanto aos dados do Modelo, o período de dezembro/2002 a fevereiro/2003 foi o que apresentou as maiores disparidades, tanto em número de picos de vazão como em volume escoado. Embora o "SMAP" apresente limitações nas modelagens em bacias hidrográficas urbanas, fator que influenciou numa pequena disparidade entre os valores do Modelo e os calculados, ainda assim, se constitui em uma ferramenta importante para identificar e comparar as características de uma bacia hidrográfica urbana.

Com base no que foi apresentado no estudo acima descrito, fica evidente que a dinâmica hídrica da bacia do rio Xaxim é bastante influenciada pela urbanização, a qual produz mudanças significativas nas características físicas da bacia, assim como na morfologia do canal.

Segundo Tucci *et al.* (1997) as conseqüências da urbanização interferem diretamente na drenagem urbana, provocando alterações na capacidade de infiltração e no escoamento superficial direto. A urbanização também traz conseqüências de cunho não hidrológico que interferem significativamente nas questões de drenagem urbana.

As atividades desenvolvidas na bacia do rio Xaxim apresentam diversos tipos de uso do solo, como áreas agrícolas, pecuária e reservas florestais, atividades que alteram pouco a dinâmica hídrica. Por outro lado às atividades ligadas a expansão urbana como a remoção da vegetação, abertura e pavimentação de ruas, construção de prédios, residências e a urbanização como um todo, alteram significativamente essa dinâmica a qual produz alterações imediatas no comportamento do canal fluvial. Os impactos resultantes são na maioria, fenômenos localizados, mas que com o tempo podem ocasionar efeitos em cadeia, com reações danosas e irreversíveis.

Park e Knighton (1984) *in* Guerra (1996), ressaltam dois grupos de mudanças fluviais induzidas pelo homem; o primeiro se refere às modificações ocorridas diretamente no canal fluvial para controlar as vazões ou para alterar a forma do canal; o segundo grupo relaciona-se às mudanças fluviais indiretas, que resultam das atividades humanas realizadas fora da área dos canais, mas que modificam o comportamento das descargas e da carga sólida do rio³. Estudos apresentados por Tucci *et al* (1997) e Pellerin (2000), apontam para importância da identificação prévia das áreas de maior probabilidade de alagamentos sendo que para tanto é necessário que se efetuem estudos detalhados, com técnicas específicas da cartografia de risco de acidentes naturais.

A área urbana também requer uma análise sobre os impactos no meio ambiente, ocasionados pelas transformações produzidas em seus limites que provocam alterações nos ecossistemas que estão interligados. Os lançamentos de resíduos e materiais, provindos das atividades de transformação em áreas urbanas, ocasionam mudanças na intensidade dos fluxos e nos aspectos do cenário do meio ambiente.

São estes aspectos que resumem a preocupação quanto às condições ambientais atuais e futuras da bacia hidrográfica do rio Xaxim, considerando que as transformações produzidas numa bacia hidrográfica geram efeitos em cadeia, muitas vezes irreversíveis.

7.1 - MEDIDAS PREVENTIVAS

Com objetivo de reduzir os riscos de alagamentos e proporcionar uma melhoria na qualidade ambiental, buscou-se apresentar medidas que atenuem as situações de risco e principalmente que produzam mudanças e melhorias nos aspectos físico-ocupacionais da bacia do rio Xaxim. Porém, para que estas aconteçam, há necessidade de

³ Resíduos de construções, móveis, galhos etc.

acompanhamentos técnicos e uma maior fiscalização por parte do Poder Público Municipal no que tange à ocupação e uso do solo urbano, principalmente nas áreas que se caracterizam como fundo de vale.

As principais medidas a serem implementadas são:

- 1) Implantação de parques nas áreas que ainda mantêm cobertura florestal, visando garantir a manutenção de espécies da fauna e flora. Os parques também condicionam a recarga dos mananciais com uma maior taxa de infiltração e redução no escoamento superficial. Também representam uma alternativa de lazer e aprendizado a toda população, através de trilhas orientadas;
- 2) Disponibilização pelo Poder Público Municipal de profissionais capacitados na área ambiental, com objetivo de instruir e fiscalizar os proprietários e empresas responsáveis por obras que ofereçam riscos ambientais e ou a população;
- 3) Substituição de manilamentos existentes no médio curso do rio Xaxim por galerias, visto que as manilhas reduzem a velocidade do fluxo e entopem facilmente, causando alagamentos à montante;
- 4) Reestruturação do Parque do Lago e direcionamento da rede de captação das águas pluviais para este, dando condições de controle da drenagem à montante da bacia;
- 5) Limpeza das margens e desobstrução do canal fluvial de maneira permanente, principalmente nas áreas que apresentam risco de alagamentos;
- 6) Desenvolver trabalhos educativos em conjunto com a Prefeitura Municipal, Vigilância Sanitária, SANEPAR, visando a conscientização da população em relação aos depósitos de lixo e esgotos que são comumente verificados ao longo do curso do rio Xaxim.

Tais medidas representam de certa maneira grandes investimentos, porém, se analisarmos as possibilidades de crescimento da cidade nos próximos anos e as ocupações que deste resultarão, fica evidente que as condições de ocupação da bacia encontram-se numa fase, em que tais obras trariam menores transtornos e despesas econômicas para serem executadas, pois quanto mais adiadas forem, maiores serão os transtornos e os gastos para sua realização.

É importante que se desenvolva um projeto de conscientização da população, visto que esta exerce o papel de ativo e passivo nos problemas ambientais, pois os reflexos de suas ações se verificam em seu próprio meio. Do comportamento da população e das decisões políticas do município, dependem também as características físicas e a qualidade ambiental do espaço urbano, podendo as mesmas tomar direções adversas e repercutir na perda da qualidade de vida da população, que nada mais é que o resultado das formas de relação sociedade-espaço.

8 - CONCLUSÃO

Neste estudo foi possível, mesmo que com restrições, fazer uma avaliação das características físicas da bacia hidrográfica do rio Xaxim, a forma de ocupação a que está sendo submetida e os reflexos que resultam dessa interação. Embora esteja quase integralmente inserida no espaço urbano de Prudentópolis, as condições ambientais da bacia se apresentam num estágio de transição de estável para parcialmente instável. Tais condições representam um quadro de preocupação, em razão de estar sujeita a novas ocupações e suas conseqüentes alterações.

Em relação às condições físicas da bacia, estas se apresentam, embora alteradas, bastante estáveis. Os solos são relativamente profundos e estáveis nos topos e nas vertentes com menor declividade. Porém, mesmo nas áreas com declividades mais acentuadas e com solos rasos, não há evidências de escorregamentos ou processos erosivos instalados.

O uso do solo é bastante variado, apresentando áreas de cultivo agrícola, pecuária, faxinais e pequenas reservas florestais. Isso se deve à grande quantidade de terrenos ociosos dentro do espaço urbano. Esta diversificação de usos contribui para uma maior taxa de infiltração, visto que, principalmente a área de mata e a agrícola, apresentam altas taxas de infiltração.

No aspecto geomorfológico, predominam na bacia vertentes convexas e retilíneas, com altitudes que variam entre 740 e 815 metros. A maior declividade é verificada nos trechos intermediários da alta para baixa vertente, principalmente no trecho à montante e nos topos individualizados, tendo uma contribuição significativa para o aumento dos fluxos superficiais. A porção central e a porção à jusante da bacia, apresentam baixa declividade e altas taxas de ocupação, fatores que contribuem para o risco de alagamentos.

A distribuição pluviométrica apresenta-se com dois períodos distintos, sendo o outono e inverno secos e a primavera e verão chuvosos, não caracterizando porém, um regime pluviométrico sazonal, considerando que as disparidades pluviométricas dos períodos não são muito expressivas. A média pluviométrica do período estudado jan/1998 a dez/2002, apresentou 2057mm/ano, evidenciando um regime bastante chuvoso para a região.

Foram realizados acompanhamentos e modelagens quanto às variações pluviométricas e sua relação com o comportamento das vazões do rio Xaxim. Percebeu-se que na relação entre valores precipitados e as oscilações na vazão do rio Xaxim, as variações mais acentuadas estão associadas principalmente à intensidade das precipitações

e não somente aos volumes precipitados. Esse comportamento também comprova a influência que o processo ocupacional vem provocando na dinâmica da bacia hidrográfica do rio Xaxim.

Dos valores fornecidos pelo modelo “SMAP”, alguns não apresentam correspondência com os valores calculados, ainda assim se constitui em uma ferramenta importante para identificar e comparar as características de uma bacia hidrográfica urbana.

Em relação à ocupação inicial e ao adensamento urbano, este se iniciou principalmente a partir de 1906, ocupando principalmente o médio curso rio Xaxim, sendo que muitas construções estão às margens ou até mesmo sobre o canal. Ao longo desse processo, praticamente não houve preocupação quanto às questões ambientais. Com a crescente ampliação das ocupações e o aumento da impermeabilização das áreas à montante, a área central da cidade (médio curso) e a área à jusante tornam-se mais vulneráveis aos problemas relacionados à drenagem. Essa impermeabilização além de acarretar a diminuição na infiltração das águas precipitadas, promove o aumento do escoamento superficial e reduz a capacidade de realimentar o lençol freático, trazendo conseqüências de ordem ambiental. Nessas condições o tempo de concentração dos volumes precipitados torna-se relativamente curto, promovendo um acréscimo considerável no volume do rio Xaxim, causando a saturação do canal em eventos de chuva mais intensa.

Estas condições resultam em riscos de alagamentos de pequena magnitude, principalmente na área central, que além de representar uma área de convergência dos fluxos das sub-bacias, possui um trecho canalizado, fator que causa o estrangulamento do canal e diminui a capacidade de vazão. Porém as condições físico-ocupacionais demonstram um cenário relativamente preocupante em médio prazo, a considerar os dados hidrológicos apresentados no trabalho.

Quanto à degradação ambiental, os impactos mais sensíveis são de ordem ocupacional (construções irregulares, cortes, aterros, lixo) e político-administrativos (necessidade de obras e manutenção, legislação, fiscalização), os quais se refletem nas condições ambientais da bacia, como a redução das áreas verdes, poluição hídrica, redução da infiltração, etc., pois tanto as intervenções regulares quanto as clandestinas têm seu reflexo na mesma totalidade “a bacia hidrográfica do rio Xaxim”

A evolução histórica das ocupações na bacia do rio Xaxim reflete o atual hábito de despreocupação com a questão ambiental e com os riscos de alagamentos presentes na bacia, basicamente por não se conhecerem as reais causas e pela própria conjuntura de

interesses instalada, tanto no âmbito econômico, quanto político – social, retratando as ambigüidades presentes dentro de uma mesma realidade espacial.

Além das medidas preventivas apresentadas, a normatização por meio da adoção de Leis de Uso e Ocupação do Solo Urbano e a efetiva fiscalização são a melhor resposta técnica para esse processo. Isso fará com que a ocupação seja compatível com a capacidade de suporte da bacia hidrográfica vindo a diminuir os impactos adicionais futuros.

Os impactos negativos do desenvolvimento urbano, sem uma adequada legislação, podem ocasionar problemas como a degradação de mananciais, reservas florestais e a perda ou a destruição de ecossistemas inteiros. Os recursos a serem aplicados na solução ou na amenização dos problemas também vão se tornando maiores à medida que as ações forem sendo retardadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, I. B. dos. **Caracterização climática para região de Maringá**. Monografia (graduação), Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Geografia, Maringá, 2000.

ANUNCIACÃO, P. E. M. **Meteorologia para agricultura**. Maringá: Gráfica Clichetec, 1984.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Difel, 1986.

BALDO, M. C. **Análise pluviométrica de Santa Catarina associada com a anomalia da TSM do Pacífico**. Monografia de bacharelado em geografia, DGE/UEM, Maringá, 1986.

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global**. Esboço metodológico. Caderno de Ciências da Terra. São Paulo: v. 13, IG-USP, 1971.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D. e PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1996.

BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. *In: XXI Congresso brasileiro de ciência do solo* – SBCS, 1988.

BROOKES, A. River channel change. *In: PETTS, G. e CALOW, P. River flows and chanel forms*. Blackwell Science LTDA, 1996.

CAMARGO, A. O. de; MONIZ, A.C.; JORGE, J. A.; VALARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**, Campinas: Instituto Agronômico, 1986.

CARLOS, A. F. A. **A cidade**. (Coleção repensando a Geografia). São Paulo: Contexto, 1992.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 1991.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.

_____. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COOKE, R.U. e DOORNKAMP, J.C. **Geomorphology in Environmental Management - An Introduction**. Oxford: Clarendon Press, 1974.

CORRÊIA, R. L. **O Espaço Urbano**. São Paulo: Ática, 1989.

DOUHI, N. **A Expansão Urbana como condicionante ao Risco de Alagamentos na Bacia do Rio Xaxim – Prudentópolis – Pr.**, Monografia de Conclusão do Curso de Geografia, UNICENTRO - Guarapuava, 2001.

DREW, D. **Processos interativos homem – meio ambiente**. 2 ed. Rio de Janeiro: Beltrand Brasil, 1989.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 1 ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999.

FERNANDEZ, O . V. Q. **Determinação do nível e da descarga de margem plena em cursos fluviais** . Boletim de Geografia, Maringá – Pr.: v. 21, n1, pág. 97 – 109, 2003.

GASPARETTO, N. V. L.; NÓBREGA, M. T. e CARVALHO, A. A reorganização da cobertura pedológica no noroeste do Paraná – Br. e suas relações com o arenito Caiuá. *In*: **XXI Congresso brasileiro de ciência do solo** – SBCS, 1988.

GARCEZ, L. N. **Hidrologia**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1967.

GIL FILHO, S. F. **Notas sobre teoria do solo urbano a partir de categorias marxianas.** Revista paranaense de Geografia v. 02, AGB, Curitiba, 1996.

GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. **Erosão e conservação dos solos – conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Beltrand Brasil, 1999.

_____. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Beltrand Brasil, 1996.

_____. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Beltrand Brasil, 1995.

IBGE, **Boletim Estatístico Populacional.** Departamento Regional de Maringá, 2003.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População brasileira.** Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatística/população/censo2000/tabelabrasil111.shtml>>. Acesso em 12 de dezembro 2003.

LARACH, J. O. I. *et al.* **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná.** Conv. SUDESUL-EMBRAPA. EMBRAPA, Bol. Téc., n° 57, IAPAR, Bol. Téc., N°16, Governo do Paraná (IAPAR),1984.

LEMONS, R. C. e SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 3 ed. Campinas: Sociedade brasileira de Ciência do solo, 1996.

LOPES, J.E.G.; BRAGA, B.P.F. e CONEJO, J.G.L. **SMAP** (Soil Moisture Accounting Procedure) apresentado no International Symposium on Rainfall-Runoff Modeling realizado em Mississippi; U.S.A. 1981 e publicado pela Water Resources Publications, 1982.

MAACK, R. **Geografia Física do Paraná.** 2 ed. Rio de Janeiro: J Olimpio, 1981.

MARTINS, V. M. **Caracterização morfológica e da circulação hídrica dos solos da cabeceira de drenagem do córrego Bom Jesus no município de Cidade Gaúcha – Pr.** Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, 2000.

NERY, J. T.; SILVA, W. C. e MARTINS, M. L. O.F. **Aspectos geográficos e estatísticos da precipitação do Estado do Paraná.** Revista Usimar 18(4): 777-789, 1996.

NERY, J. T. *et al.* **Alguns Fenômenos Meteorológicos.** Apontamentos, n° 107, Janeiro/92, Maringá, EDUEM, 1992.

NERY, J. T. e MARTINS, M. L. O. F. **Variabilidade interanual: Oscilação Sul – El Niño.** Apontamentos, n° 75, Abril/ 2° Quinzena, Maringá, EDUEM, 1998.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente (SUPREM). Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1979.

NOBREGA, M. T. e CUNHA, J. E. O solo: caminho, abrigo e pão. *In: Ambiente, Geografia e Natureza.* Org. Villalobos, J. G. Maringá: UEM, 2001.

OLIVEIRA, A. M. S. *et al.* **Geologia de engenharia.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998

PELLERIN, J. Cartografia de riscos hídricos e climáticos *In: Encontro Paranaense de Estudantes de Geografia.* Marechal Cândido Rondon, v. 1, 2000.

PELOGGIA, A. **O Homem e o Ambiente Geológico:** geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo. São Paulo: Editora Xamã, 1998.

PIERRE, C. Aquisição e Processamento de Dados. *In: Hidrologia: Ciência e Aplicação.* Org. TUCCI, C. E. M. 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, ABRH, 1997.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T. e MARTINS, J. A. **Hidrologia de superfície.** 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PRUDENTÓPOLIS. **Plano de Uso e Ocupação do Solo Urbano,** Prefeitura Municipal de Prudentópolis. Suplemento do jornal “prácia” n° 23/24 Dezembro de 1996.

PRZYGOSKI, N. D. *et al.* **Prudentópolis, sua terra e sua gente.** [S.l.], Editora Cultural Paraná Ltda, 1972.

QUEIROZ NETO, J. P. **Interpretação dos solos da Serra de Santana para fins de classificação.** Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 1969.

QUEIROZ NETO, J. P.; CARVALHO, A.; PELLERIN J. e JOURNAUX, A. **Cronologia de alteração dos solos da região de Marília, SP.** USP, Instituto de Geografia, Sedimentologia e Pedologia, 1973.

RANZANI, G. **Pequeno guia para levantamento de solos.** 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1968.

REIS NAKACHIMA, M. S. **Carta de fragilidade ambiental da bacia do rio Keller, Estado do Paraná:** subsídio ao estudo dos processos erosivos. Acta Scientiarum, Maringá, v. 23 n. 6, p. 1547-1560, 2001.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. e CORRÊIA, G. F. **Pedologia:** base para distinção de ambientes. 4 ed. Viçosa: NEPUT, 2002.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia Aplicada aos EIAs-RIMAs. *In: Geomorfologia e Meio Ambiente.* Org. Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. Rio de Janeiro: Ed. BCD União de Editoras S/A, 1996.

_____. **Geomorfologia: ambiente e planejamento.** 2 ed. São Paulo: Contexto, 1991.

SANTOS, M. **Metamorfose do espaço habitado.** 3 ed. São Paulo: Hucitec, 1994.

SEMA, Secretaria do Meio Ambiente. **Legislação Ambiental.** Curitiba, 2003. Disponível em : <http://www.pr.gov.br/sema/legislação.shtml#leis_federais>. Acesso em 23 de maio 2003.

SERRA, G. **O espaço natural e a forma urbana.** São Paulo: Nobel, 1987.

SOJA, E. W. **Geografias pós-modernas: A reafirmação do espaço na teoria social crítica.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993.

SOTCHAVA, V. O Estudo dos Geossistemas. *In: Métodos em questão.* Nº 16, São Paulo: IG/USP, 1977.

SUDO, H. Processos erosivos e variabilidade climática. *In: Variabilidade e mudanças climáticas, implicações ambientais e socioeconômicas.* Org. SANT'ANA NETO J. L. e ZAVATINI J. A. Maringá: EDUEM, 2000.

THOMAZ, E. L. **Análise empírica da fragilidade potencial da bacia do Rio Iratim – Guarapuava – PR. 2000.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, 1977.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. e BARROS, M. T. **Drenagem urbana.** Porto Alegre: ABRH Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

_____. **Hidrologia.** Porto Alegre: ABRH Editora da Universidade/UFRGS, 1997.

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

ZALÁN, P. V. *et al.* Bacia do Paraná. *In: Origem e Evolução de Bacias Sedimentares.* Coord. GABAGLIA, G. P. R. e MILANI, E. J. 2 ed. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, Gávea, 1990.

ZAMUNER, L. D. **Erosão Urbana em Maringá/PR: o caso do Parque florestal dos Pioneiros – Bosque II.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Geografia, Maringá, 2001.

ANEXOS

DISTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA BACIA E VARIAÇÕES DE NÍVEL E VAZÃO DO RIO XAXIM, NO PERÍODO DE MAR. DE 2002 A FEV. DE 2003

Dias	0.571 0.119 0.309						0.571 0.119 0.309					
	Mar	P1	P2	P3	Nível	Vazão	Abr	P1	P2	P3	Nível	Vazão
1	36,3	40	45	24	127	6,073	14,1	14	16	12,5	33	0,269
2	0	0	0	0	25	0,109	5	1	2	12	31	0,213
3	0	0	0	0	24	0,094	10,6	10	16	6	33	0,269
4	0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	25	0,109
5	0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	23	0,079
6	17,3	15	18	19	28	0,154	0	0	0	0	23	0,079
7	0,6	0	0	2	26	0,124	0	0	0	0	23	0,079
8	1,6	0	3	2	24	0,094	0	0	0	0	23	0,079
9	0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	23	0,079
10	0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	23	0,079
11	0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	23	0,079
12	0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	23	0,079
13	0	0	0	0	23	0,079	2,3	3	4	0	25	0,109
14	13,6	14	21	6	36	0,353	0	0	0	0	25	0,109
15	1,3	0	4	0	27	0,139	0	0	0	0	23	0,079
16	0	0	0	0	24	0,094	0	0	0	0	23	0,079
17	0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	23	0,079
18	0	0	0	0	23	0,079	12	10	11	15	25	0,109
19	0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	25	0,109
20	0	0	0	0	23	0,079	10	4	6	20	25	0,109
21	0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	23	0,079
22	0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	23	0,079
23	20,6	20	20	22	33	0,269	0	0	0	0	23	0,079
24	3,3	0	7	3	26	0,124	0	0	0	0	23	0,079
25	0	0	0	0	24	0,094	0	0	0	0	23	0,079
26	0	0	0	0	24	0,094	0	0	0	0	23	0,079
27	0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	23	0,079
28	0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	23	0,079
29	0	0	0	0	23	0,079	5,3	5	6	5	32	0,241
30	0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	30	0,185
31	0	0	0	0	23	0,079						
Média	97,6				Total	9,237	59,3					3,332
					Média	0,298						0,111

P1: Posto Pluviométrico Instalado na Cooperativa Agrícola Mista Prudentópolis

P2: Posto Pluviométrico Instalado na Propriedade de Lidia Douhi

P3: Posto Pluviométrico Instalado na Propriedade Audio Cassiano

Mai	P1	P2	P3			Jun	P1	P2	P3		
1,3	1	2	1	26	0,124	0	0	0	0	23	0,079
40,5	37	47	37,5	38	0,409	0	0	0	0	23	0,079
0	0	0	0	35	0,325	0	0	0	0	23	0,079
0	0	0	0	33	0,269	0	0	0	0	23	0,079
61,6	58	68	59	90	3,471	0	0	0	0	23	0,079
0	0	0	0	60	1,028	0	0	0	0	23	0,079
0	0	0	0	25	0,109	0	0	0	0	23	0,079
3,3	5	5	0	28	0,154	0	0	0	0	23	0,079
0	0	0	0	24	0,094	0	0	0	0	23	0,079
0	0	0	0	24	0,094	0	0	0	0	23	0,079
0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	23	0,079
0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	22	0,065
0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	22	0,065
0	0	0	0	23	0,079	17,8	16	20	17,5	35	0,325
21,3	23	21	20	31	0,213	0	0	0	0	26	0,124
2,6	0	3	5	29	0,169	0	0	0	0	25	0,109
13	20	14	5	90	3,471	0	0	0	0	24	0,094
64,3	55	68	70	69	1,734	0	0	0	0	23	0,079
32,6	32	31	35	80	2,644	0	0	0	0	22	0,065
4	0	6	6	60	1,028	0	0	0	0	22	0,065
1,3	0	0	4	36	0,353	0	0	0	0	21	0,051
0	0	0	0	26	0,124	0	0	0	0	21	0,051
0	0	0	0	25	0,109	0	0	0	0	21	0,051
0	0	0	0	24	0,094	0	0	0	0	20	0,037
0	0	0	0	24	0,094	0	0	0	0	20	0,037
0	0	0	0	24	0,094	0	0	0	0	20	0,037
0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	20	0,037
0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	20	0,037
4,6	5	5	4	27	0,139	0	0	0	0	20	0,037
9	9	10	8	30	0,185	0	0	0	0	20	0,037
0	0	0	0	25	0,109						
259,4					17,11	17,8					2,272
					0,552						0,076

Jul	P1	P2	P3			Ago	P1	P2	P3		
0	0	0	0	20	0,037	25,3	11	40	25	130	6,267
0	0	0	0	19	0,023	25,3	36	22	18	90	3,471
0	0	0	0	19	0,023	6,3	19	0	0	70	1,817
0	0	0	0	19	0,023	0	0	0	0	32	0,241
0	0	0	0	19	0,023	11,3	10	11	13	60	1,028
26	25	28	25	26	0,124	0	0	0	0	32	0,241
2	0	0	9	24	0,094	0	0	0	0	28	0,154
0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	25	0,109
0	0	0	0	21	0,051	8,6	8	8	10	40	0,466
0	0	0	0	20	0,037	0	0	0	0	36	0,353
25	25	26	24	33	0,269	0	0	0	0	32	0,241
0	0	0	0	28	0,154	0	0	0	0	30	0,185
0	0	0	0	24	0,094	0	0	0	0	28	0,154
0	0	0	0	23	0,079	1,6	2	3	0	30	0,185
0	0	0	0	23	0,079	0	0	0	0	28	0,154
0	0	0	0	21	0,051	0	0	0	0	26	0,124
0	0	0	0	20	0,037	0	0	0	0	26	0,124
0	0	0	0	20	0,037	0	0	0	0	25	0,109
0	0	0	0	19	0,023	0	0	0	0	25	0,109
0	0	0	0	19	0,023	0	0	0	0	25	0,109
9	7	13	7	28	0,154	0	0	0	0	24	0,094
19,6	28	26	5	31	0,213	19,1	20	17,5	20	60	1,028
0	0	0	0	25	0,109	0	0	0	0	40	0,466
9,6	7	0	22	33	0,269	0	0	0	0	28	0,154
0	0	0	0	25	0,109	0	0	0	0	26	0,124
0	0	0	0	24	0,094	0	0	0	0	26	0,124
4,3	0	7	6	30	0,185	0	0	0	0	26	0,124
0	0	0	0	28	0,154	0	0	0	0	25	0,109
9,3	0	10	18	33	0,269	26,3	24	28	27	90	3,471
10,6	9	13	10	31	0,213	0	0	0	0	42	0,522
0	0	0	0	27	0,139	0	0	0	0	34	0,297
115,4					3,268	123,8					22,15
					0,105						0,715

Set	P1	P2	P3			Out	P1	P2	P3		
0	0	0	0	26	0,124	0	0	0	0	30	0,185
0	0	0	0	26	0,124	0	0	0	0	28	0,154
0	0	0	0	25	0,109	21,6	21	23	21	54	0,859
0	0	0	0	25	0,109	0	0	0	0	30	0,185
20,5	19	20	22,5	60	1,028	19,6	20	12	27	90	3,471
8,3	8	8	9	40	0,466	0	0	0	0	28	0,154
0	0	0	0	30	0,185	0	0	0	0	26	0,124
0	0	0	0	28	0,154	0	0	0	0	25	0,109
0	0	0	0	28	0,154	0	0	0	0	24	0,094
0	0	0	0	26	0,124	0	0	0	0	24	0,094
0	0	0	0	26	0,124	0	0	0	0	24	0,094
16,8	16	17	17,5	40	0,466	3	0	4	5	26	0,124
62,6	60	68	60	60	1,028	0	0	0	0	26	0,124
0	0	0	0	36	0,353	0	0	0	0	25	0,109
19,8	22	20	17,5	120	5,652	0	0	0	0	25	0,109
7,3	8	6	8	90	3,471	49,3	49	68	31	170	10,789
1	0	3	0	60	1,028	1,6	3	2	0	60	1,028
0	0	0	0	43	0,55	0	0	0	0	36	0,353
81	80	90	73	200	10,94	1,6	0	2	3	38	0,409
25,3	25	26	25	138	7,219	0	0	0	0	30	0,185
0	0	0	0	40	0,466	12,6	11	15	12	41	0,494
0	0	0	0	40	0,466	0	0	0	0	32	0,241
0	0	0	0	36	0,353	0	0	0	0	30	0,185
0	0	0	0	31	0,213	0	0	0	0	28	0,154
0	0	0	0	30	0,185	37,6	40	36	37	70	1,817
0	0	0	0	30	0,185	6,1	5	6	7,5	38	0,409
0	0	0	0	29	0,169	0	0	0	0	32	0,241
0	0	0	0	29	0,169	6,1	6	6	6,5	32	0,241
0	0	0	0	28	0,154	3,3	3	3	4	32	0,241
59	58	66	53	52	0,803	5,6	6	6	5	30	0,185
						0	0	0	0	29	0,169
301,6					36,57	160,3					23,13
					1,219						0,7461

Nov	P1	P2	P3			Dez	P1	P2	P3		
0	0	0	0	28	0,154	54	52	50	60	78	2,478
0	0	0	0	28	0,154	0	0	0	0	38	0,409
33	32	37	30	60	1,028	0	0	0	0	32	0,241
4,6	2	4	8	40	0,466	1	2	1	0	32	0,241
0	0	0	0	36	0,353	64,5	66	60	67,5	160	9,739
0	0	0	0	33	0,269	13	10	11	18	130	6,267
0	0	0	0	31	0,213	3,3	0	4	6	90	3,471
0	0	0	0	30	0,185	4,6	6	1	7	60	1,028
6	12	0	6	32	0,241	0	0	0	0	35	0,325
70	60	83	67	160	9,739	1	0	0	3	38	0,409
0	0	0	0	48	0,690	5,5	3	6	7,5	40	0,466
4,3	5	3	5	48	0,690	14,3	16	18	9	60	1,028
0	0	0	0	38	0,409	0	0	0	0	39	0,437
0	0	0	0	36	0,353	2,6	0	5	3	40	0,466
0	0	0	0	30	0,185	2,3	0	0	7	39	0,437
10,3	13	8	10	36	0,353	5,6	10	5	2	80	2,644
0	0	0	0	32	0,241	0	0	0	0	60	1,028
8,8	10	9	7,5	38	0,409	0	0	0	0	41	0,494
0	0	0	0	33	0,269	2,6	2	4	2	64	1,321
0	0	0	0	30	0,185	0	0	0	0	48	0,690
0	0	0	0	30	0,185	0	0	0	0	35	0,325
0	0	0	0	30	0,185	11,6	14	5	16	39	0,437
0	0	0	0	29	0,169	7,3	11	11	0	47	0,662
0	0	0	0	28	0,154	8,3	0	10	15	34	0,297
33	32	33	34	49	0,718	0	0	0	0	31	0,213
0	0	0	0	32	0,241	0	0	0	0	29	0,169
22,6	15	28	25	40	0,466	0	0	0	0	29	0,169
6	6	6	6	37	0,381	0	0	0	0	28	0,154
1,6	0	5	0	35	0,325	0	0	0	0	28	0,154
0	0	0	0	31	0,213	0	0	0	0	28	0,154
						6,3	8	6	5	36	0,353
200,2					19,62	206,8					36,71
					0,654						1,184

Jan	P1	P2	P3			Fev	P1	P2	P3		
0	0	0	0	31	0,213	9,5	18,5	10	0	30	0,185
14,5	11,5	16	16	36	0,353	0	0	0	0	30	0,185
32	26	30	40	68	1,651	0	0	0	0	30	0,185
11,5	9,5	11	14	46	0,634	0	0	0	0	29	0,169
10	9	18	3	36	0,353	4	2	4	6	31	0,213
0	0	0	0	31	0,213	28,5	33,5	30	22	68	1,651
19	14	21	22	100	4,298	14	10	12	20	49	0,718
0	0	0	0	37	0,381	0	0	0	0	38	0,409
0	0	0	0	32	0,241	15	18	15	12	58	0,971
34,5	29,5	35	39	60	1,028	12,5	11,5	12	14	40	0,466
8,5	7,5	8	10	56	0,915	28	23	31	30	38	0,409
0	0	0	0	35	0,325	3	5	1	3	70	1,817
0	0	0	0	33	0,269	0	0	0	0	36	0,353
0	0	0	0	31	0,213	0	0	0	0	34	0,297
0	0	0	0	31	0,213	0	0	0	0	33	0,269
0	0	0	0	30	0,185	12,5	11,5	12	14	58	0,971
56	51	55	62	141	7,576	0	0	0	0	42	0,522
6,5	8,5	7	4	62	1,155	5	9	3	3	48	0,690
0	0	0	0	36	0,353	0	0	0	0	40	0,466
0	0	0	0	32	0,241	30,5	27,5	32	32	62	1,155
0	0	0	0	31	0,213	24	33	32	7	75	2,230
0	0	0	0	30	0,185	0	0	0	0	43	0,550
0	0	0	0	29	0,169	5	0	9	6	45	0,606
7	7	6	8	29	0,169	0	0	0	0	39	0,437
2	2	3	1	29	0,169	0	0	0	0	37	0,381
81,5	84,5	78	82	150	8,647	0	0	0	0	36	0,353
4	3	9	0	56	0,915	0	0	0	0	35	0,325
0	0	0	0	40	0,466	0	0	0	0	33	0,269
0	0	0	0	38	0,409						
0	0	0	0	32	0,241						
0	0	0	0	32	0,241						
287					32,63	191,5					17,25
					1,053						0,616