

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**JOÃO PAULO BASNIAK BOESE
JOSIANE GRASIELI TOMALACK**

**ANÁLISE DOS FATORES CONTRIBUINTES PARA ENCHENTE
URBANA NO MUNICÍPIO DE CORONEL VIVIDA - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2013

JOÃO PAULO BASNIAK BOESE
JOSIANE GRASIELI TOMALACK

ANÁLISE DOS FATORES CONTRIBUINTES PARA ENCHENTE URBANA NO
MUNICÍPIO DE CORONEL VIVIDA - PR

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná –
Câmpus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. Ney Lyzandro
Tabalipa

Co-orientador^a: Prof^a. Dr^a. Andrea
Sartori Jabur

PATO BRANCO
2013



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DOS FATORES CONTRIBUINTES PARA ENCHENTE URBANA NO MUNICÍPIO DE CORONEL VIVIDA - PR

JOÃO PAULO BASNIAK BOESE

e

JOSIANE GRASIELI TOMALACK

Aos 14 dias do mês de agosto do ano de 2013, às 15h15min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº 22-TCC/2013.

Orientador: Prof. Dr. NEY LYZANDRO TABALIPA (DACOC / UTFPR-PB)

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. ANDREA SARTORI JABUR (DACOC / UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof^a Msc. DANIELLI BATISTELLA (DAAGR / UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Dr. CLAUDINEI R. DE AGUIAR (DAAGR / UTFPR-PB)

DACOC / UTFPR-PB

Via do Conhecimento, Km 1 CEP 85503-390 Pato Branco-PR

www.pb.utfpr.edu.br/ecv

Fone +55 (46) 3220-2560

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiro a Deus, pois ele é o criador de todas as coisas que existem e podemos vivenciar. Agradecemos aos nossos familiares, que nos apoiaram e incentivaram a seguir em frente, não medindo esforços para que chegássemos até esta etapa de nossas vidas.

A todos nossos amigos, colegas de classe pela atenção e carinho em todos os momentos que necessitamos.

Aos Professores, Mestres e Doutores que de uma forma ou outra contribuíram para o nosso desenvolvimento profissional e pessoal.

Em especial aos Orientadores deste Trabalho de Conclusão de Curso, Professor Doutor Ney Lyzandro Tabalipa e a Professora Doutora Andrea Sartori Jabur, pela dedicação e paciência em nos orientar.

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo estudar as bacias hidrográficas do Alto Rio Barro Preto e do Córrego da Várzea, localizadas no município de Coronel Vivida, Sudoeste do Estado do Paraná, para analisar os fatores que podem estar contribuindo para a ocorrência de enchentes urbanas neste município. A metodologia consiste em estudar a morfometria das bacias hidrográficas, analisando os dados pluviométricos dos últimos 06 (seis) anos, bem como o uso e ocupação do solo nos anos de 1980, 1995 e 2012 e realizar um levantamento de campo para visualizar as condições ambientais das bacias em estudo. Em relação aos resultados obtidos quanto à morfometria das bacias hidrográficas, as mesmas apresentam formato alongado, declividade média de 2,82 % e ordem 3. Segundo os dados pluviométricos, a média de precipitação anual é de 2.116,17 mm/ano, sendo outubro o mês mais chuvoso e agosto o mês com menor índice pluviométrico. Conforme o uso e ocupação do solo, a área urbana, entre 1980 e 2012 teve um acréscimo de 62%. Este aumento consequentemente gerou um acréscimo das áreas das ruas ocasionando a impermeabilização do solo, porém sem grande influência visto que a área urbana representa apenas 7,87% da área total das bacias hidrográficas. Já a área de vegetação apresentou oscilações e uma diminuição de 31% de sua área. A área de agricultura e vegetação rasteira também apresentou oscilações durante o período de análise por fim teve uma diminuição de aproximadamente 4,69% nesse período. Com o aumento da área urbana impermeabilizando o solo, obteve-se perda de áreas de vegetação, fatores que estão contribuindo para que ocorra maior escoamento superficial das águas das chuvas. O fato de que a região apresenta solo do tipo argiloso, faz com que a taxa de infiltração seja menor, gerando um maior volume de água escoando superficialmente, sendo necessária maior seção para tal escoamento nas galerias pluviais. Sem acesso aos projetos das canalizações, fez-se uso do Programa Canal para a verificação da vazão de projeto das seções existentes e constatou-se que as mesmas não apresentam medidas suficientes para o escoamento. Cada vez mais se observa a invasão da população nos leitos dos rios, juntamente com canalizações não projetadas, forçam a ocorrência de transbordamentos e enchentes urbanas nesse município. Soluções possíveis poderiam ser adotadas para a eliminação dos riscos de enchente urbana ou amenização dos mesmos, tais como reaproveitamento das águas das chuvas pelos moradores, incentivar a população a preservar áreas de infiltração e construção de bacias de amortecimento antes dos córregos e rios chegarem ao perímetro urbano.

Palavras-chave: Enchente urbana, Impermeabilização do solo, Bacia hidrográfica, Escoamento Superficial.

ABSTRACT

The research has the objective to study the upper Barro Preto river and Várzea stream watersheds, located at the Coronel Vivida City, southwest of the state of Paraná, to analyze the factors that may be contributing to the occurrence of the urban floods in this city. The methodology consists in studying the morphometry of watersheds by analyzing the rainfall data for the past six years, as well as the use and occupation of the soil in 1980, 2000 and 2012, and realize a field research to visualize the environmental conditions of the studied watershed. For the obtained results on the morphometry of the watershed, the same presented a elongate shape, with an average slope of 2,82% and order 3. According to the rainfall data, the annual average rainfall is 2.116,17 mm/year, with October being the wettest month and August the month with the lowest rainfall. As the use and occupation of land, the urban area, between 1980 and 2012 had a continuous increase of 62%. This increase consequently resulted in an increase of the areas of the streets, causing the soil sealing, but without great influence, as the urban area represents only 7,87% of the total area of the watershed. However, the vegetation area showed oscillations and a decrease of 31% of their area. The agriculture area and the low vegetation also showed oscillations during the period of analysis and finally had a increase of approximately 4,69% in this period. With the increase of the urban area waterproofing the soil, obtained loss of vegetation areas that are contributing to rainwater superficial flow occurrence. The fact that the region has clayey soil kind, the infiltration rate is lower, generating a greater volume of superficial water flow, being necessary a larger section to rainwater leakage. Without the meeting of the projects plumbers, the Software Canal was used to check the existed section flow designs and found those doesn't have sufficient measures for the disposal flow. Increasingly observed the invasion of the population in riverbeds, along with not-desingned plumbers, forcing the occurrence of overflows and urban flooding in this city. Possible solution could be taken to eliminate the risks of urban flooding or mitigation of them, such the reuse of the rainwater by the dwellers of the city, encouraging people to preserve infiltration areas and construction of percolation basins before the rivers reaching the urban perimeter.

Key-words: Urban Flood, Soil Sealing, Watershed, Superficial Flow.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação dos rios segundo Strahler	17
Figura 2 - Enchente registrada no ano de 1970 em Coronel Vivida – PR	25
Figura 3 - Enchente registrada no ano de 1975 em Coronel Vivida - PR	26
Figura 4 - Enchente registrada no ano de 1982 em Coronel Vivida - PR	26
Figura 5 - Primeiro ponto de inundação nas dependências da rodoviária.....	27
Figura 6 - Alagamento na área central do município	27
Figura 7 - Variação da altura do nível d'água no exutório das bacias hidrográficas..	28
Figura 8 - Localização município de Coronel Vivida – PR.....	29
Figura 9 - Precipitação média anual.....	30
Figura 10 - Programa Canal.....	32
Figura 11 - Inserção dos dados para determinação da vazão de projeto.....	33
Figura 12 - Localização das bacias hidrográficas do Alto Rio Barro Preto e do Córrego da Várzea	35
Figura 13 - Mapa de ordem das bacias hidrográficas em estudo.....	37
Figura 14 - Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas em estudo, no ano de 1980	39
Figura 15 - Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas em estudo, no ano de 1995	40
Figura 16 - Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas em estudo, no ano de 2012	41
Figura 17 - Demarcação dos pontos vistoriados, com as respectivas coordenadas.	47
Figura 18 - Primeira nascente do Rio Barro Preto – Ponto P1	48
Figura 19 - Segunda nascente do Rio Barro Preto – Ponto P2.....	48
Figura 20 - Primeira nascente do Córrego da Várzea – Ponto P3	49
Figura 21 - Segunda nascente do Córrego da Várzea – Ponto P4	49
Figura 22 - Ponto do médio curso do Córrego da Várzea – Ponto 5.....	50
Figura 23 - Ponto do médio curso do Alto Rio Barro Preto	51

Figura 24 - Resíduos sólidos.....	51
Figura 25 - Ligação clandestina de esgoto no trecho canalizado do Córrego da Várzea.....	52
Figura 26 - Trecho do Rio Barro Preto com canalização lateral.....	52
Figura 27 - Trecho do Córrego da Várzea com canalização lateral.....	53
Figura 28 - Junção das canalizações do Rio Barro Preto e Córrego da Várzea.....	53
Figura 29 - Estrangulamento do canal após a junção dos dois leitos.....	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Situação do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego da Várzea	42
Gráfico 2 - Situação do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Alto Rio Barro Preto	43
Gráfico 3 - Situação da área urbana na bacia hidrográfica do Córrego da Várzea ...	43
Gráfico 4 - Situação da área urbana na bacia hidrográfica do Alto Rio Barro Preto..	44
Gráfico 5 - Intensidades pluviométricas anuais (mm), entre o ano de 2007 e 2012..	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre o K_c e a tendência de enchentes.....	16
Tabela 2 - Relação entre o K_f e a tendência de enchentes.....	16
Tabela 3 - Dados das bacias hidrográficas em estudo.....	36
Tabela 4 - Características morfométrica das bacias hidrográficas em estudo	36
Tabela 5 - Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas em estudo no ano de 1980	38
Tabela 6 - Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas em estudo no ano de 1995	40
Tabela 7 - Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas em estudo no ano de 2012	41
Tabela 8 - Precipitações mensais e anuais (em mm) dos anos de 2007 a 2012	45
Tabela 9 - Dados das amostras de água coletadas	56
Tabela 10 - Áreas de Uso e Ocupação do Solo Para Cada Ano de Estudo.....	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1 GERAL	13
2.2 ESPECÍFICOS.....	13
3. ENCHENTE URBANA	14
3.1 BACIA HIDROGRÁFICA	15
3.2 ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	17
3.3 IMPACTO NO CICLO HIDROLÓGICO	19
3.4 MEDIDAS DE CONTROLE	19
3.5 HISTÓRICO DE ENCHENTES URBANAS NO BRASIL.....	22
3.5.1 Caso Curitiba – PR.....	22
3.5.2 Caso Blumenau - SC.....	23
3.5.3 Caso Porto Alegre – RS	24
3.5.4 Caso Pato Branco – PR.....	24
3.5.5 Caso Coronel Vivida – PR.....	25
4. METODOLOGIA	29
4.1 ÁREA DE ESTUDO	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E POPULACIONAL DA BACIA HIDROGRÁFICA	34
5.2 ANÁLISE DA ALTERAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	38
5.3 ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA.....	45
5.4 LEVANTAMENTO AMBIENTAL	46
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	61

1. INTRODUÇÃO

As enchentes urbanas constituem um dos maiores impactos ambientais sobre o meio urbano, causando prejuízos financeiros, sociais e de vidas humanas. Os efeitos produzidos pelo avanço desordenado da urbanização se refletem na falta de planejamento do uso e ocupação do solo. A intensidade antrópica vem alterando o meio físico, reduzindo a vegetação ciliar, substituindo solos permeáveis da bacia hidrográfica, por áreas impermeáveis, lançando lixo em locais que possam facilmente ser transportados até o leito dos rios, podendo a vir a obstruir parcialmente ou totalmente os canais, trechos de rios canalizados acabam modificando suas características naturais, ocasionando assim o não funcionamento do ciclo natural da água.

Para o controle de enchentes urbanas é fundamental o planejamento urbano, com tomadas de decisões, visando-se conhecer as medidas necessárias para a prevenção de situações de emergência. Segundo Tucci (1995), conhecidos os processos e suas consequências, é necessário planejar-se a ocupação do espaço urbano com infraestrutura e condições que evitem impactos econômico-sociais sobre a sociedade.

Conforme Tucci (1995), depois que o espaço está todo ocupado, as soluções disponíveis são extremamente caras. O poder público passa a investir uma parte significativa do seu orçamento para proteger uma parcela da cidade que sofre devido à imprevidência da ocupação do solo.

Há casos em que os custos para projetos e execução de melhorias no sistema de drenagem urbana tornam-se menores que os custos com o auxílio a população atingida pelas enchentes a longo prazo.

A execução deste trabalho justifica-se, uma vez que, nos últimos anos registraram-se vários episódios de enchentes urbanas em diversos municípios da região sudoeste do Paraná, bem como no município de Coronel Vivida – Paraná, onde seu histórico mostra a ocorrência de enchentes nos anos de 1970, 1975, 1982, e o recente alagamento registrado no dia 8 de janeiro de 2013.

Considerando tais acontecimentos, observa-se assim a importância de se estudar e analisar os fatores contribuintes para enchentes urbanas nas bacias hidrográficas do Alto Rio Barro Preto e do Córrego da Várzea localizadas nesse município.

Pretende-se analisar os fatores que contribuíram e que podem vir a ocasionar novamente alagamento na área central do município. Estes alagamentos acabam trazendo prejuízos para os proprietários de imóveis na área afetada. Procura-se também analisar a necessidade de obras para que se possa ter controle desses eventos, de forma a amenizar os prejuízos provocados por uma enchente.

O presente estudo tem como objetivo estudar as bacias hidrográficas do Alto Rio Barro Preto e do Córrego da Várzea, bem como analisar os fatores que contribuem e vem causando enchentes urbanas no município de Coronel Vivida – PR e traz em sua estrutura *(i)* apresentação do trabalho; *(ii)* referencial teórico, onde serão apresentados os principais assuntos relacionados ao desenvolvimento do estudo; *(iii)* realização do levantamento de dados do local a ser estudado e também a análise das áreas permeáveis e impermeáveis; *(iv)* apresentação do método de trabalho e materiais utilizados; *(v)* análise e discussões dos resultados obtidos e também as considerações finais da pesquisa.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

O objetivo deste trabalho é estudar as bacias hidrográficas do Alto Rio Barro Preto e do Córrego da Várzea, bem como analisar os fatores que contribuem e vem causando enchentes urbanas no município de Coronel Vivida – PR

2.2 ESPECÍFICOS

- Delimitar e caracterizar a bacia hidrográfica do Alto Rio Barro Preto e do Córrego da Várzea;
- Quantificar as áreas permeáveis e impermeáveis do solo de ambas as bacias hidrográficas;
- Efetuar o levantamento das áreas das ruas, as quais os escoamentos superficiais das águas da chuva contribuem para o aumento da vazão no exutório das bacias em estudo;
- Realizar o levantamento ambiental das nascentes, bem como ao longo do curso d'água e também em seu exutório;
- Selecionar possíveis soluções e adequações que possam ser implantadas para o controle de inundações nas bacias hidrográficas estudadas.

3. ENCHENTE URBANA

A drenagem urbana realizada de forma tradicional passou a ser questionada a partir da década de 60, pois as obras destinadas a retirar rapidamente o acúmulo de águas de locais importantes acabam transferindo o problema para outras áreas ou para o futuro (POMPÊO, 2000).

Segundo Tucci, Porto e Barros (1995), a partir da década de 60 devido ao aumento rápido no processo de urbanização, houve um aumento expressivo da população urbana no Brasil, conseqüentemente essa desenvolveu-se praticamente sem infraestrutura.

Conforme os mesmos autores, as enchentes urbanas geram grandes impactos sobre a sociedade e esses acontecem por causa da urbanização ou da inundação natural da várzea ribeirinha. As enchentes causadas pela urbanização, geralmente ocorrem em bacias hidrográficas de pequeno porte. Já as enchentes em áreas ribeirinhas são enchentes naturais que atingem a população que ocupa os leitos de rios por falta de planejamento do uso e ocupação do solo.

As chuvas intensas podem ocasionar as enchentes, as quais são fenômenos naturais que ocorrem frequentemente em cursos d'água. As enchentes em áreas urbanas podem acontecer devidas tais precipitações intensas de amplo período de retorno, ou por mudanças no equilíbrio do ciclo hidrológico, ou também, pela própria urbanização. Fatores modificadores como o desmatamento e a substituição da cobertura vegetal natural por pavimentos impermeáveis, são responsáveis de forma conjunta pelo aumento do volume de escoamento superficial e pela redução de tempos de concentração (T_c), que conceitua-se como sendo o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua com a vazão na seção de controle, causando assim o transbordamento de cursos d'água. Observando a importância da relação entre o uso e ocupação do solo e os processos hidrológicos superficiais, deve-se focar primeiramente na abordagem dos problemas, considerando a extensão superficial na qual estas relações se apresentam (POMPÊO, 2000).

De acordo com Pompêo (2000), as enchentes provocadas pela urbanização podem ser ocasionadas por diversos motivos, entre eles destaca-se o elevado

parcelamento do solo e por consequência a impermeabilização das superfícies. Outro fator é a ocupação de áreas ribeirinhas, em áreas como várzeas, áreas com histórico de inundações e zonas alagadiças, bem como o bloqueio de canalizações por resíduos sólidos lançados indiscriminadamente no leito dos rios. Ainda, pode-se mencionar a grande quantidade de sedimentos que são retirados pela erosão de áreas com solo exposto e lançados nos rios, causando seu assoreamento, assim como sistemas de drenagem deficientes ou impróprios para a condição local que não suportam a vazão existente.

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA

Uma bacia hidrográfica consiste em uma região de captação natural da água da chuva que tende a conduzir os escoamentos em um único ponto de saída, o seu exutório. A bacia hidrográfica é formada essencialmente por uma associação de vertentes e de uma rede de drenagem a qual é composta por cursos de água que convergem e resultam em um leito único no exutório (TUCCI; SILVEIRA, 2009).

A área da bacia hidrográfica segundo Tucci e Silveira (2009) é um dado imprescindível para determinar o potencial hídrico da mesma, pois o seu valor multiplicado pela quantidade de precipitação sobre a mesma determina o volume de água recebido por esta.

Conceitua-se a área de uma bacia hidrográfica ou área de drenagem como sendo sua área superficial, medida em projeção horizontal, levando em conta toda a área localizada entre os divisores de água, sendo determinada através do uso de cartas topográficas, imagens aéreas ou também com o uso de software (ANDRADE et al., 2008).

O perímetro é o comprimento da linha de contorno da bacia hidrográfica em planta. O diagnóstico da forma de uma bacia hidrográfica é realizado levando em conta o coeficiente de compactidade (K_c) e o fator de forma (K_f). O coeficiente de compactidade (K_c) relaciona o perímetro da bacia hidrográfica e uma circunferência de área igual ao da bacia em estudo. Esse coeficiente é um número adimensional

que varia com a forma da bacia hidrográfica, independentemente de seu tamanho (TEODORO, 2007).

Na Tabela 1 estão relacionados os valores do coeficiente de compacidade com a tendência à ocorrência de enchentes em uma bacia hidrográfica.

Tabela 1 - Relação entre o Kc e a tendência de enchentes

Valor (Kc)	Situação
1,0 - 1,25	Bacia Hidrográfica com alta propensão a grandes enchentes
1,25 - 1,50	Bacia Hidrográfica com tendência mediana a grandes enchentes
>1,50	Bacia Hidrográfica com menor propensão a grandes enchentes

Fonte: Adaptado Jabur, (2011).

O fator de forma (Kf) trata da razão entre a área da bacia hidrográfica e o comprimento medido desde a cabeceira até o exutório. Pode-se calcular também a declividade da bacia hidrográfica, que é a inclinação do talvegue desde a sua nascente até seu exutório (ANDRADE et al., 2008).

Na Tabela 2 estão apresentados os valores do fator de forma, bem como a tendência à ocorrência de enchentes em uma bacia hidrográfica.

Tabela 2 - Relação entre o Kf e a tendência de enchentes

Valor (Kf)	Situação
1 - 0,75	Bacia Hidrográfica sujeita a enchentes
0,75 - 0,50	Bacia Hidrográfica com tendência mediana enchentes
<0,50	Bacia Hidrográfica com menor tendência a enchentes

Fonte: Adaptado Jabur, (2011).

Segundo o método de Strahler, um canal é classificado quanto a sua ordem de acordo com a ordem de seus afluentes conforme Figura 1. Um canal sem afluente é denominado de canal de primeira ordem. A junção de dois canais de primeira ordem torna um canal de segunda ordem. Já quando ocorre a união de dois canais de mesma ordem, cria-se então um canal de ordem imediatamente superior a de seus formadores. Quando um canal de dada ordem une-se a um canal de ordem maior, prevalece a maior ordem (CARDOSO et al., 2006).

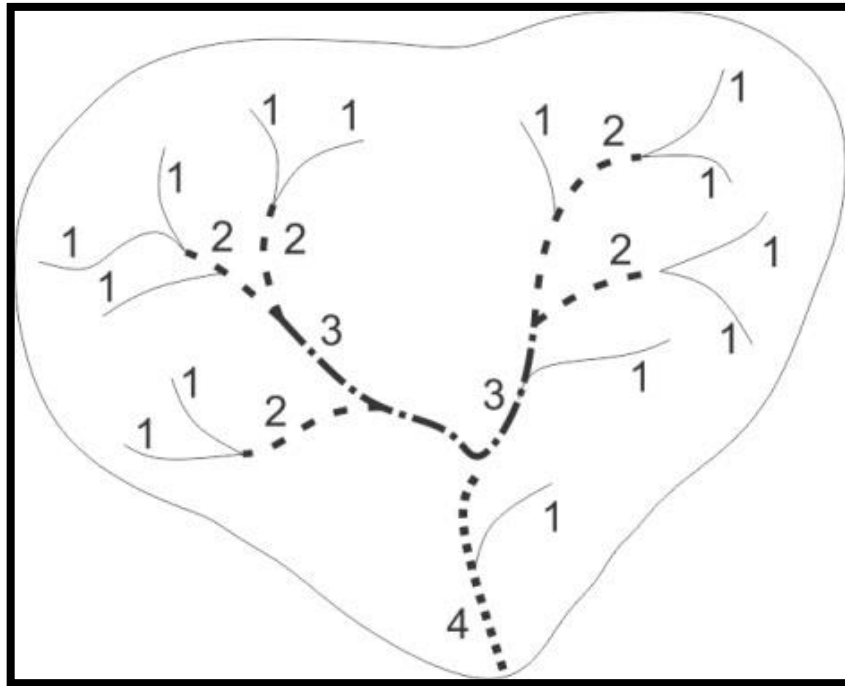


Figura 1 - Classificação dos rios segundo Strahler
Fonte: Hidrotec, (2013).

Para se estudar e analisar as bacias hidrográficas, é necessário demonstrar quantitativamente as características físicas, que são manifestações de forma, e os processos hidrológicos que englobam a relação com o balanço hídrico, tal como o escoamento superficial (JABUR, 2010).

3.2 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Nem todo o volume de água precipitado escorre pela superfície, pois parte fica retido pela vegetação e outros obstáculos e através da evaporação volta para a atmosfera. O volume restante que atinge a superfície do solo, parte retorna a atmosfera por meio da transpiração dos vegetais e da evaporação do solo e também de superfícies líquidas, parte é infiltrada e o restante escoar livremente pela superfície (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

De acordo com Jabur (2010), é imprescindível para estudos hidrológicos, conhecer a chuva excedente, que em pequenas bacias hidrográficas impermeabilizadas é responsável pelas vazões de cheias, ou o escoamento

superficial, o qual representa a fração do total de água precipitada que escoar inicialmente pela superfície do solo e que colabora para a vazão dos rios.

Por meio do aumento da urbanização há a construção de telhados, ruas, calçadas e pátios, ocorre a impermeabilização do solo, logo a parcela de água que antes ficava retida pelas plantas, infiltrava ou escoava lentamente pela superfície agora passa a escoar pelos condutos e exigindo assim maior capacidade de escoamento das seções. Dentre os principais efeitos do desenvolvimento urbano estão o aumento da vazão máxima, a antecipação do tempo de pico e o aumento do volume do escoamento superficial (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Após algum tempo de precipitação inicia-se o escoamento superficial, o qual inicialmente forma uma lâmina superficial que recobre as pequenas depressões da superfície. Tendo a continuação da chuva, essa película laminar vai se transformando em uma lâmina mais grossa, sendo este volume escoado a diferença entre a precipitação total e os volumes retidos, infiltrados, evaporados e acumulados nas depressões. O escoamento segue o sentido da linha do terreno com maior declive (GARCEZ; ALVAREZ, 1988)

Com o aumento da população urbana, há também acréscimo na produção de sedimentos, e uma das principais consequências deste acréscimo são os assoreamentos das canalizações de drenagem, diminuindo assim a capacidade de escoamento dos condutos, rios e lagos urbanos (BERTONI; TUCCI, 2003).

De acordo com Tucci, Porto e Barros (1995), a não realização de um planejamento prévio e correto, poderá vir a causar um processo de erosão superficial, juntamente com o processo de assoreamento dos corpos de água.

Durante o desenvolvimento da urbanização podem ser observados estágios característicos da produção de resíduos sólidos. Inicialmente, com a retirada da cobertura vegetal da bacia hidrográfica o solo fica desprotegido ocasionando erosões e conseqüentemente produção de sedimentos nos períodos de grande intensidade pluviométrica. Depois do estágio inicial, parte da população já está estabelecida, mas ainda há uma relevante movimentação de terra, devido à construção de novas edificações, e neste estágio somam-se ainda a produção de lixo. No estágio final, quase toda a área urbana está consolidada, havendo pequena parcela de sedimentos das áreas ainda em

construção, resultando somente a produção de lixo urbano (BERTONI; TUCCI, 2003).

3.3 IMPACTO NO CICLO HIDROLÓGICO

Conforme Tucci (1997 a), a cobertura vegetal acaba sendo alterada devido ao desenvolvimento urbano, e por consequência há alterações também no ciclo hidrológico natural. Devido à substituição da cobertura vegetal por pavimentos impermeáveis e a inclusão de condutos para o escoamento superficial, geram-se alterações no ciclo hidrológico, bem como, a redução da infiltração da água no solo. Desta forma, o volume que deixa de infiltrar fica na superfície, aumentando o escoamento superficial, além disso, como foram introduzidos condutos pluviais para o escoamento superficial, ocorre redução do tempo de deslocamento, aumentando assim as vazões máximas e antecipando seus picos. Com a redução da infiltração, ocorre ainda por falta de alimentação, a redução do escoamento subterrâneo. Em consequência da substituição da cobertura natural ocorre uma redução da evapotranspiração, pois a superfície urbana impermeabilizada não retém a água como a cobertura vegetal, não permitindo assim a evapotranspiração das folhagens e do solo.

A intensidade com que estas alterações influenciam no balanço hídrico está relacionada com as condições de cada local, em função do tipo do solo, da cobertura vegetal, da geologia, pluviosidade e clima (TUCCI, 1997 a).

3.4 MEDIDAS DE CONTROLE

Para reduzir os gastos com danos causados pelas enchentes urbanas, é necessário que haja um controle contínuo mantido pela comunidade. Este controle deve ser visto como ação onde a sociedade precisa participar de forma

permanente, e não ser visto como uma atividade isolada (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

As medidas para o controle das enchentes podem ser realizadas de dois tipos, as medidas estruturais e não-estruturais. Porém é através de um conjunto das duas medidas que se torna possível o controle da inundação. Sendo que, as medidas estruturais são as que modificam o sistema fluvial, as medidas não-estruturais são aquelas onde os prejuízos são minimizados pela boa convivência da população com as enchentes, permitindo desta forma que a população ribeirinha reduza suas perdas e mantenha com o rio uma convivência harmônica. Estas medidas englobam obras de engenharia, medidas sociais, econômicas e administrativas (BERTONI; TUCCI, 2003).

De acordo com o mesmo autor, as medidas estruturais, são aquelas onde há a implantação de obras de engenharia para se reduzir os riscos de enchente. As medidas estruturais podem ser divididas em extensivas ou intensivas, sendo que a primeira age na bacia hidrográfica tentando alterar as relações entre precipitação e vazão, como por exemplo, modificar a vegetação da bacia em questão, diminuindo assim os picos da enchente e também auxiliando no controle de erosão da mesma. Já as medidas estruturais intensivas agem diretamente no rio, como por exemplo, a construção de bacias de amortecimento, canalizações, diques e reservatórios.

Para o poder público os principais meios de implantar o controle de enchentes são por meio do Plano Diretor Urbano e das Legislações, tendo em vista que é através destes que é implementado o planejamento urbano do município. Geralmente os municípios não possuem recursos financeiros para investir em medidas estruturais, por isso no Plano Diretor de Drenagem o controle de enchentes é abordado através das medidas não estruturais, por exemplo, realização de zoneamento nas áreas onde ocorrem inundações, especificando assim os critérios de ocupação do leito do rio (TUCCI, 1997 b).

Quanto mais aumenta a urbanização das bacias hidrográficas, maior é a quantidade de lixo produzido, e este impede ainda mais a drenagem e o escoamento das águas principalmente em trechos onde há canalização do corpo de água. Este problema somente pode ser minimizado através da educação da população com multas e da frequente coleta do lixo (BERTONI; TUCCI, 2003).

Também segundo Tucci, Porto e Barros (1995), é importante que haja a educação dos profissionais, principalmente de engenheiros, arquitetos, agrônomos e geólogos, e também de administradores públicos e da população, para que desta forma as decisões públicas sejam tomadas de forma consciente. Com as decisões sendo tomadas de forma consciente por todos, a aprovação de novos projetos de loteamentos, obras públicas e drenagens, bem como as manutenções e o controle é um processo que depende do município.

Edificações comerciais, industriais e esportivas que impermeabilizam grandes áreas, devem responsabilizar-se pelo volume de água da chuva que precipita sobre as mesmas, para que desta forma seja evitado o aumento da vazão máxima, o que pode vir a ocasionar uma inundação. Destaca-se aí a importância da regulamentação e da educação sobre o assunto (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

A organização do espaço urbano só é possível através da aplicação de legislações, federais, estaduais e municipais. É de extrema importância que as prefeituras executem de forma planejada e organizada, o sistema de drenagem urbana, pois este trás benefícios importantes, tais como a facilidade de manutenção das galerias, melhoria no tráfego de veículos durante as chuvas, menor custo de implantação de novos loteamentos e benefícios à saúde e a segurança pública. É essencial que a manutenção deste sistema seja eficaz, pois na maioria dos casos a precariedade nos sistemas de limpeza pública reflete em prejuízos para o sistema de escoamento superficial (RIGHETTO, 2009).

Algumas medidas podem ser adotadas, por exemplo, criar situações próximas às condições naturais para permitir maior infiltração das águas da chuva, porém deve-se sempre ter cuidado, pois algumas áreas e solos podem vir a tornarem-se impermeáveis devido à falta de manutenção. Áreas de gramados laterais, geralmente, na ocorrência de chuvas intensas podem ficar alagadas se a capacidade de infiltração for inferior à intensidade desta chuva, caso haja o transporte de muito material fino, esta capacidade de infiltração pode ainda ser reduzida. Para manter a capacidade de infiltração é necessário que seja feita uma limpeza na área (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Outra solução são as valas de infiltração, que funcionam, quando ocorrem precipitações, como reservatórios de detenção, elas coletam as águas das áreas próximas, criando condições para a infiltração ao longo do seu comprimento. É normal após uma chuva intensa estas valas permanecerem com água por algum tempo, pois a infiltração torna-se mais lenta (BERTONI; TUCCI, 2003).

Para lotes, onde o lençol freático é baixo podem-se empregar bacias de percolação, que aumentam a recarga do lençol e diminui o escoamento superficial. Esta ação depende da porosidade e percolação do solo, e consiste em retirar o solo e preencher com cascalho, gerando assim uma área de armazenamento para as águas dos telhados e criando condições de escoamento (BERTONI; TUCCI, 2003).

3.5 HISTÓRICO DE ENCHENTES URBANAS NO BRASIL

De acordo com Bertoni e Tucci (2003), as inundações são mais antigas que a existência do homem na Terra, os rios sempre foram pontos de referência para a instalação do homem, tendo em vista que geralmente trata-se de locais planos e propícios para o assentamento, pois os rios também eram úteis para se obter água para o consumo e para o transporte.

3.5.1 Caso Curitiba – PR

Segundo Bianchi (2012), ausência de planejamento na Região metropolitana de Curitiba ocasionou, com o passar dos anos, a expansão das áreas agrícolas e urbanizadas e conseqüentemente ocorreu a redução das matas ciliares e das florestas nativas, e a cada episódio os prejuízos tornavam-se maiores, pois essas modificações, no meio ambiente, prejudicam diretamente os cursos hídricos.

Conforme Geissler e Loch (2004), no período de 1976 e 1999 foram registradas mais de setenta e duas inundações consideradas perigosas na região de Curitiba, pode-se verificar que no período compreendido entre 1886 à 1990 as obras de engenharia eram baseadas em canais e galerias, e eram executadas sem se considerar as reais causas do problema, a partir daí iniciaram-se as construções de barragens. Vários parques e bosques são áreas residuais de obras de engenharia.

Segundo a mesma autora, foram estimados para a enchente de 1993 prejuízos na ordem de 20 milhões de dólares, destes, 04 milhões foram gastos com atendimentos emergenciais. Já para as enchentes de 1983 e de 1995 os danos estimados foram na faixa de 44 milhões de dólares em cada incidente, destes, o episódio de 1983 deixou 200 mil pessoas desalojadas. A enchente de 1999 atingiu mais de 13 bairros da cidade, porém não teve seus prejuízos estimados.

Segundo o Governo do Paraná, para o período de 1996 a 2015 foram previstas diretrizes para controlar as enchentes, tais como o gerenciamento do controle de enchentes, adaptações do método existente e emprego de novos métodos para novos zoneamentos e reassentamento, manutenção de reservatórios existentes, previsão e alerta, evacuação e atividades de resgate (GEISSLER; LOCH, 2004).

3.5.2 Caso Blumenau - SC

No sul do Brasil, no estado de Santa Catarina, têm-se registros de elevados níveis de inundações desde 1852, sendo que as três maiores ocorreram nos anos de 1852, 1880, a maior com níveis acima do normal na ordem de 17,10m, em 1911. Entre 1911 e 1982 não ocorreram inundações com níveis maiores que 12,90m, e com isso tais fatos foram ficando fora da memória da população. No ano de 1983, quando a população da cidade de Blumenau girava em torno de 500 mil habitantes, ocorreu a quinta maior inundação que se tem registro até 150 anos antes, com uma cota de inundação de 15,34m, o que gerou um prejuízo ao estado de cerca de 8% do seu PIB. Pode-se perceber com estes fatos que a população não guarda na memória estes eventos, não considerando seus riscos ao ocupar de forma errônea,

sem planejamento, os espaços sujeitos a inundações que poderão trazer prejuízos significativos a todos. É necessário o planejamento institucional dos espaços de risco (BERTONI; TUCCI, 2003).

3.5.3 Caso Porto Alegre – RS

Na capital do Estado do Rio Grande do Sul, existem registros de inundações desde 1899, com observações de vários eventos até 1967. Em 1941 ocorreu a maior enchente do século, atingindo grande parte do centro da cidade e áreas ribeirinhas (BERTONI; TUCCI, 2003).

No ano de 1970 foi construído um dique, o qual vem protegendo a cidade contra tais inundações. Não ocorrendo mais casos, a população, bem como até a câmara de vereadores tem tentado aprovar a derrubada de tal dique, contudo o município não executou tal serviço, mantendo assim a proteção da cidade. (TUCCI, 1997 a).

3.5.4 Caso Pato Branco – PR

No dia 27 de outubro de 2009, ocorreu em Pato Branco – PR, uma enchente urbana trazendo grandes prejuízos principalmente na parte baixa da cidade, denominada de baixada sul. Na parte da tarde, por volta das 14h00min, houve uma forte precipitação sobre a cidade ocasionando o transbordamento de parte do Alto Rio Ligeiro e Córrego Fundo, ambos os rios que cortam e se unem na área urbana, com um registro acumulado de 47,0mm. Alguns bairros como Baixada Industrial, São Vicente, Santa Terezinha e parte do Centro, contendo nessas áreas unidades habitacionais, edifícios comerciais e residenciais, escolas e hospitais foram invadidos pelas águas. Esse evento coincidiu com o rompimento de tanques de piscicultura localizados na região da nascente do Córrego Fundo, que veio a contribuir para o aumento do volume de água a ser

escoado. Devido ao acúmulo de chuvas durante a semana, o solo apresentava-se já saturado, tornando a infiltração quase nula, aumentando assim o escoamento superficial. Juntamente com isso, os canais apresentavam formas e tipos construtivos mais indicados por autores da área. Foram registrados pontos onde o rio ultrapassou 3 metros de altura, sendo que seu nível normal fica em torno de 18 a 20 cm. O nível da água começou a baixar, somente depois de 4 horas do início da precipitação, com a vazão do volume de água através das bocas de lobo (JABUR, 2010).

3.5.5 Caso Coronel Vivida – PR

Através de arquivos fotográficos e de relatos de antigos moradores do município de Coronel Vivida – PR é possível mencionar a ocorrência de enchentes nos anos de 1970, 1975 e a enchente regional registrada em 1982 conforme ilustra as Figuras 2, 3 e 4, respectivamente.



Figura 2 - Enchente registrada no ano de 1970 em Coronel Vivida – PR

Fonte: Acervo particular de Oldy Revelações, (2013).



Figura 3 - Enchente registrada no ano de 1975 em Coronel Vivida - PR
Fonte: Acervo particular de Oldy Revelações, (2013).



Figura 4 - Enchente registrada no ano de 1982 em Coronel Vivida - PR
Fonte: Acervo particular de Oldy Revelações, (2013).

No dia 08 de janeiro de 2013, também ocorreu uma enchente urbana, provocada pelo grande volume de chuva que caiu na região o que ocasionou o transbordamento dos dois rios que passam pelo centro do município. Por volta das 8h30min a água começou a subir, inundando primeiramente as dependências da rodoviária, conforme ilustra a Figura 5, e em cerca de 20 minutos a água invadiu

ruas e chegou até as casas e estabelecimentos comerciais, como mostra a Figura 6 (JORNAL DIÁRIO DO SUDOESTE, 2013).



Figura 5 - Primeiro ponto de inundação nas dependências da rodoviária
Fonte: Rádio Voz do Sudoeste, (2013).



Figura 6 - Alagamento na área central do município
Fonte: Adaptado Rádio Voz do Sudoeste, (2013).

Na Figura 7 pode-se observar a variação da altura do nível d'água no exutório das bacias hidrográficas, sendo que uma das imagens foi registrada no dia da ocorrência do último alagamento (1), e a outra em período com estabilidade de chuvas (2).



Figura 7 - Variação da altura do nível d'água no exutório das bacias hidrográficas
Fonte: Adaptado Rádio Voz do Sudoeste, (2013).

Conforme dados fornecidos pela empresa COAMO Cooperativa Agroindustrial, havia um acúmulo de precipitação de 65 mm até o dia anterior ao alagamento, sendo que neste dia a precipitação foi de 115 mm.

Portanto, devido a este acúmulo de chuvas durante a semana, o solo já se apresentava saturado, dificultando assim a infiltração d'água e gerando maior escoamento superficial. O nível da água começou a baixar, somente depois de 1 hora do início do alagamento (JORNAL DIÁRIO DO SUDOESTE, 2013).

4. METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida para este trabalho trata-se, em relação à sua forma de abordagem, uma pesquisa quali-quantitativa. Considerando-se que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las, e ter caráter exploratório, realizando uma análise da natureza, do alcance e das interpretações possíveis para o fenômeno estudado (MORESI, 2003).

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O município localiza-se na região sudoeste do estado do Paraná, no terceiro planalto (Figura 8). Região esta que possui um clima subtropical úmido mesotérmico, verões quentes com tendência de concentração de chuvas e invernos com geadas pouco frequentes, sem estação seca definida (PREFEITURA MUNICIPAL DE CORONEL VIVIDA, 2013).

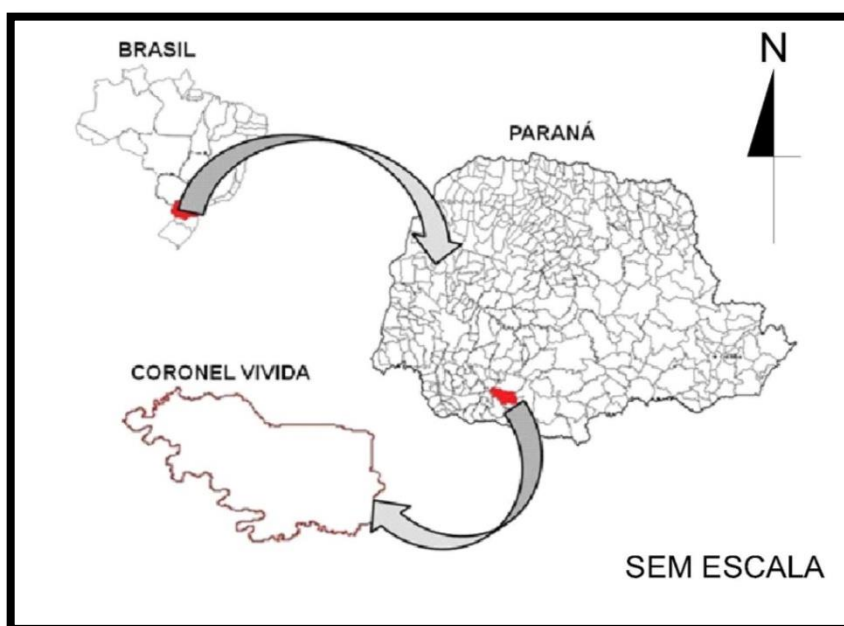


Figura 8 - Localização município de Coronel Vivida – PR
Fonte: Adaptado Prefeitura Municipal de Coronel Vivida, (2013).

Segundo SUDERHSA (1998), a precipitação média sobre a bacia hidrográfica em estudo é de 1900 mm/ano, conforme ilustrado na Figura 9.

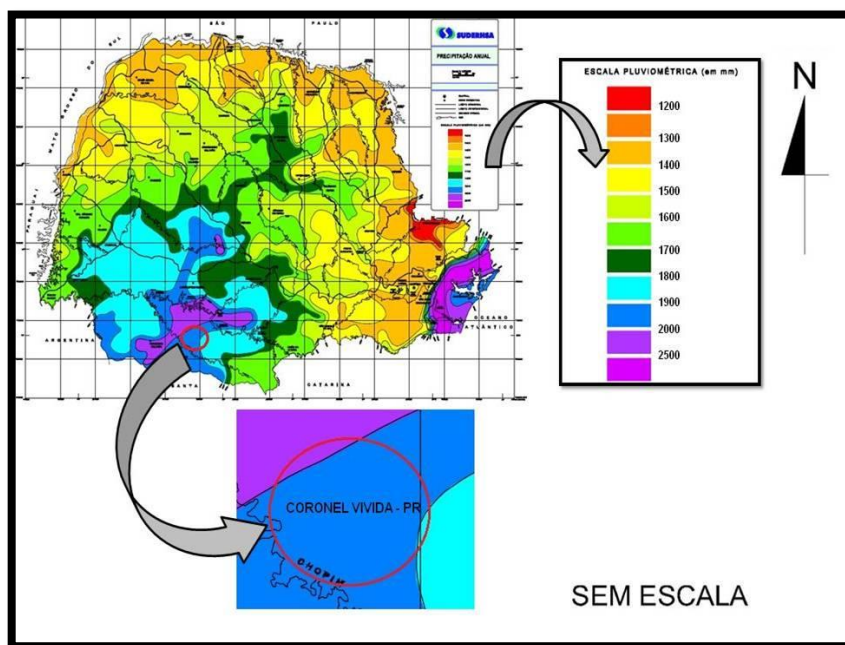


Figura 9 - Precipitação média anual
Fonte: Adaptado de SUDERHSA, (1998).

Para iniciar o estudo das bacias hidrográficas, utilizou-se a carta topográfica obtidas da DSG – Diretoria de Serviços Geográficos referente a Coronel Vivida –PR, na escala de 1:25.000, correspondente a folha SG-22-V-C-VI-4-SE do ano de 2006, juntamente com o uso do *Google TM Earth 7.0.3.8542*. Desta forma, foi obtida uma imagem geral da localização das bacias hidrográficas e a partir do auxílio do *software AutoCad Civil 3D 2012*, suas respectivas áreas.

A partir dessas imagens, tornou-se possível realizar um levantamento de dados sobre as bacias em estudo, tais como às áreas parciais das bacias hidrográficas e a área total de abrangência das mesmas, a declividade, o perímetro de cada uma das bacias hidrográficas bem como o perímetro total das mesmas, para avaliar as características morfométricas.

Também realizou-se uma análise multitemporal do uso e ocupação do solo identificando as áreas em urbana, de vegetação, sendo nesta considerada a vegetação mais densa e matas, e de agricultura, como sendo áreas de vegetação rasteira e a própria agricultura. Esta análise foi realizada no ano de 1980 através das fotografias aéreas nº 35108, 35109, 37855, 37856, do Instituto e Terras, Cartografia

e Geociências do Paraná, através da carta topográfica SG-22-V-C-VI-4-SE com dados do ano de 1995 e também no ano de 2012 através de imagens do *Google TM Earth*.

A partir desse estudo realizou-se o levantamento das nascentes dos corpos d'água, e a extensão de cada uma, sendo possível a determinação do fator de forma através da equação (1), e o coeficiente de compacidade a partir da equação (2).

$$F = \frac{A}{L} \quad (1)$$

onde:

F= Fator de forma

A= Área de drenagem, em Km²

L= Comprimento do eixo da bacia, em Km

$$Kc = 0,28 \times \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right) \quad (2)$$

onde:

Kc = Coeficiente de compacidade

P = Perímetro, em Km

A= Área de drenagem, em Km²

Para o cálculo do tempo de concentração utilizou-se a formula de Kirpich, apresentada na equação (3) (JABUR, 2011).

$$Tc = 0,39 \times \left(\frac{L^2}{S}\right)^{0,385} \quad (3)$$

onde:

Tc = tempo de concentração, em horas

L= Comprimento do eixo da bacia hidrográfica, em Km

S = Declividade equivalente, em porcentagem

Realizou-se um levantamento ambiental através de observações em campo. Nos trabalhos de campo foram vistoriadas as nascentes dos corpos d'água, pontos intermediários e o exutório, com as seguintes avaliações: a existência ou não de vegetação ciliar, resíduos sólidos, aspecto visual da qualidade da água e medições de vazões das bacias hidrográficas através do método dos flutuadores. Também se realizou a verificação da vazão no dia pelo método dos flutuadores e alguns parâmetros físicos, tais como o índice de turbidez, o Ph e a existência de cloro.

Por falta de armazenamento dos materiais em arquivo morto não se teve acesso aos projetos antigos de canalização dos corpos d'água, para avaliar as vazões de projetos das canalizações, utilizou-se o programa CANAL (Figura 10), desenvolvido pela Universidade de Federal de Viçosa (UFV).

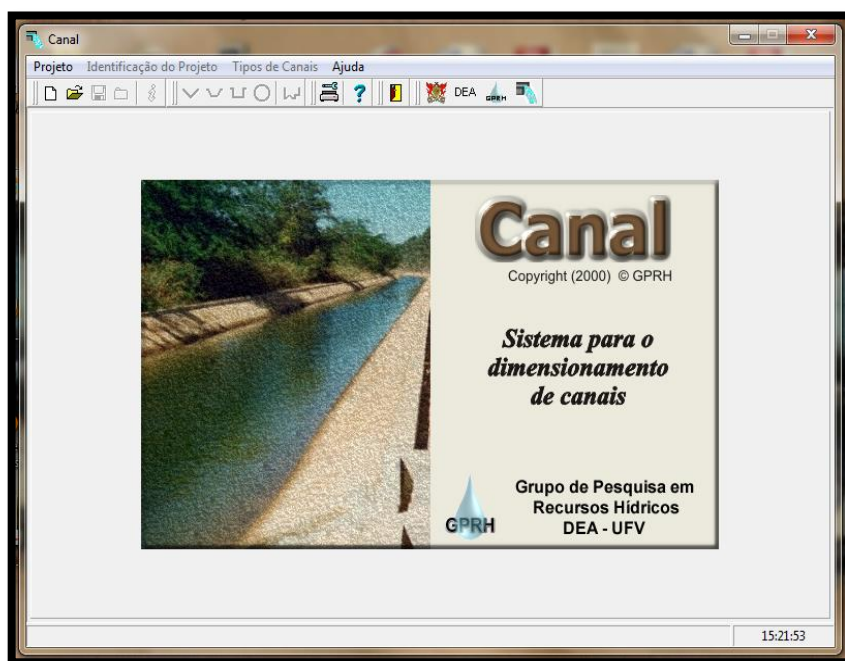


Figura 10 - Programa Canal
Fonte: Grupo de pesquisa em Recursos Hídricos (DEA), (2013).

Foram inseridos os valores do formato da canalização, nas partes a montante das canalizações, e também os valores das canalizações no exutório das duas bacias hidrográficas, e obtido as vazões de projeto. As vazões foram calculadas pelo programa com o uso da equação (4) de Mannig, e o coeficiente de rugosidade foi adotado conforme o material utilizado para a construção dos canais, este valores são tabelados e encontram-se disponível no próprio programa (Figura 11).

$$Q = \frac{A \cdot R h^{2/3} \cdot \sqrt{I}}{n} \quad (4)$$

onde:

Q = vazão de projeto, em m³/s

A = área molhada da seção transversal do canal em estudo, em m²

Rh = Raio Hidráulico, em m

I = declividade, em m/m

n = coeficiente de Manning

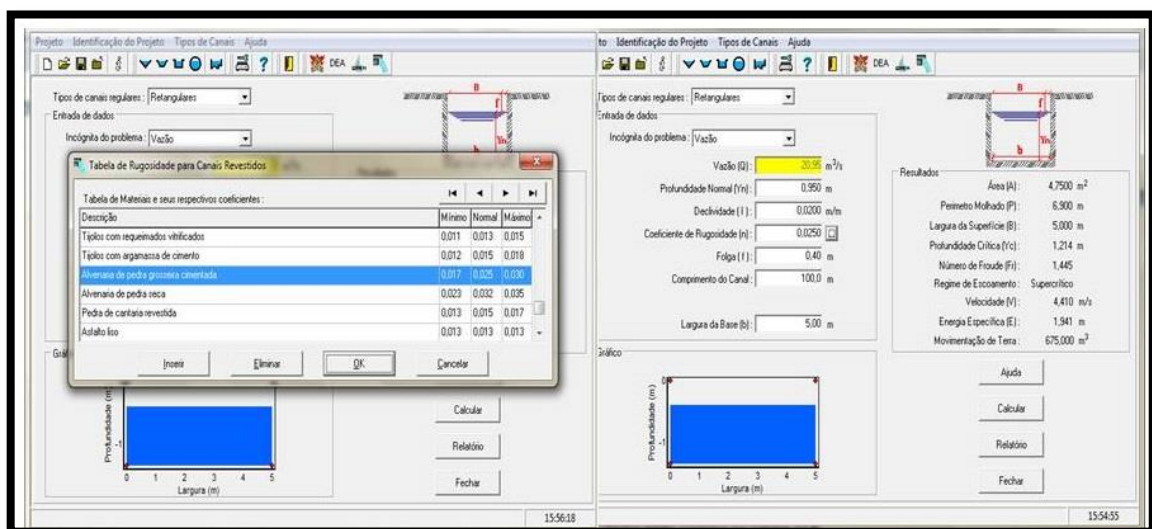


Figura 11 - Inserção dos dados para determinação da vazão de projeto
Fonte: Adaptado de Grupo de pesquisa em Recursos Hídricos (DEA), (2013).

Materiais e equipamentos que se fizeram necessários para a coleta de dados:

- Trena;
- Bota;
- Lanterna;
- Luva;
- Câmera fotográfica;
- Cronometro;
- Flutuadores;
- Turbidimetro;
- Kit portátil de teste Ph e Cloro;
- GPS Garmin Etrex 2000-2007.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme os objetivos especificados no início deste trabalho, apresenta-se a seguir a análise dos fatores contribuintes para a ocorrência de enchentes no município de Coronel Vivida - PR.

5.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E POPULACIONAL DA BACIA HIDROGRÁFICA

O município de Coronel Vivida - PR, que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE - Censo Demográfico 1991 possuía 25.140 habitantes sendo destes 12.339 com domicílio na área urbana, no Censo Demográfico 2000 a população era de 23.306 habitantes, destes 14.732 residentes na área urbana. Já no Censo Demográfico 2010 a população era de 21.749 habitantes, destes 15.445 residentes na área urbana. Pode-se visualizar que a população total do município diminuiu de 1991 a 2010 em 13,5%, porém a população urbana neste mesmo período aumentou em 20%. Desta forma pode-se concluir que a população está deixando a área rural e se concentrando na área urbana, aumentando as áreas impermeáveis e dando assim espaço as áreas de agricultura nas bacias hidrográficas.

As bacias hidrográficas do Alto Rio Barro Preto e do Córrego da Várzea estão ilustradas na Figura 12, onde visualmente apresentam formato alongado. O exutório de ambas as bacias hidrográficas encontra-se localizado no centro da cidade, porém pequena parte destas encontra-se na área urbana.

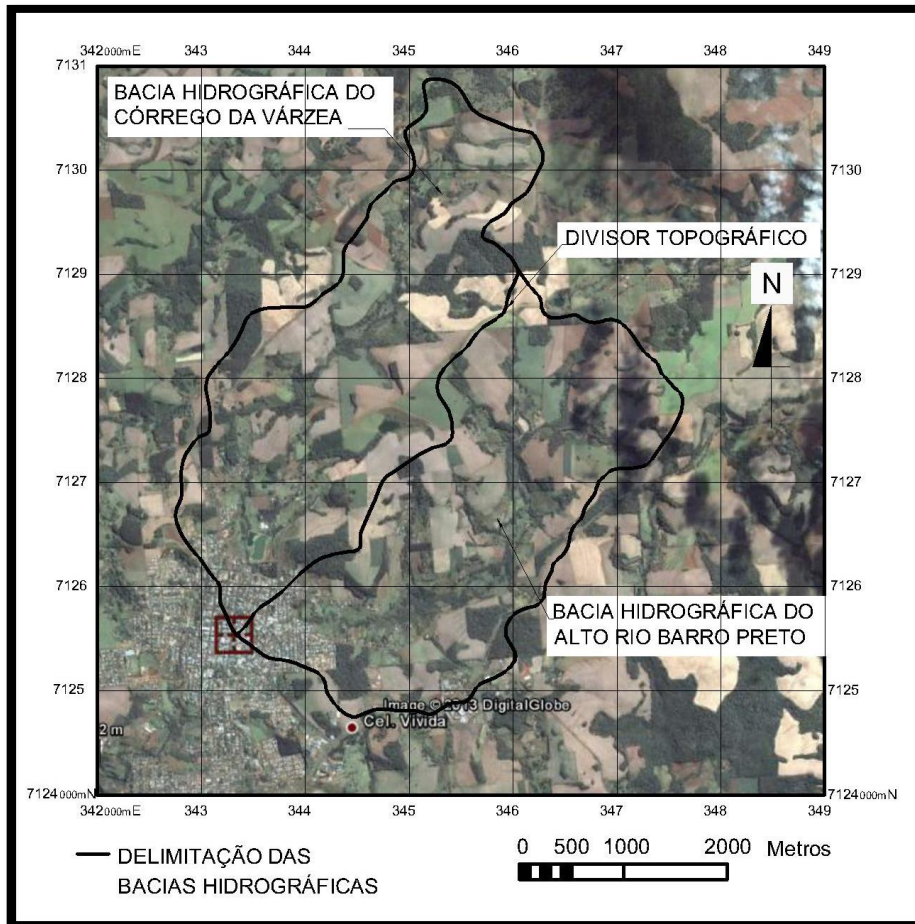


Figura 12 - Localização das bacias hidrográficas do Alto Rio Barro Preto e do Córrego da Várzea

Fonte: Adaptado de GOOGLE TM EARTH, (2012).

As estimativas numéricas realizadas no processo morfométrico servem de base para uma melhor aproximação com a rede de drenagem, fundamentando ações no contexto da mesma, tendo em vista que as bacias hidrográficas apresentam geometrias e morfometrias diferentes (LIRA, 2012).

Na Tabela 3 são apresentados dados, tais como, área, perímetro, cota montante, cota jusante e declividade, referentes às bacias hidrográficas do Córrego da Várzea e do Alto Rio Barro Preto.

Tabela 3 - Dados das bacias hidrográficas em estudo

Bacia Hidrográfica	Área (Km ²)	Perímetro (Km)	Cota Montante (m)	Cota Jusante (m)	Distância (1) (Km)	Declividade
Córrego da Várzea	8,15	14,68	870	707	5,56	2,93%
Alto Rio Barro Preto	8,00	13,75	830	707	4,54	2,71%
Geral	16,15	21,13				

Fonte: Autores, (2013).

Notas:

(1) distância axial entre montante e jusante.

Através da pesquisa sobre as características morfométricas das bacias hidrográficas, e das equações (1) e (2), obteve-se um conjunto de informações sobre as mesmas, contidas na Tabela 4.

Tabela 4 - Características morfométrica das bacias hidrográficas em estudo

Bacia Hidrográfica	Comprimento (Talvegue) (Km)	Coefficiente de Forma (Kf)	Coefficiente de Compacidade (Kc)
Córrego da Várzea	6,44	0,197	1,440
Alto Rio Barro Preto	6,01	0,222	1,361

Fonte: Autores, (2013).

O coeficiente de forma (Kf) e o coeficiente de compacidade representam se a bacia hidrográfica é de formato alongado e/ou circular. Com os resultados obtidos, Kf menor que 1 (um) e Kc maior que 1 (um), baseados nos dados das Tabelas 1 e 2, representam que ambas as bacias em estudos são alongada, e logo, não são propícias à enchentes.

Isto ocorre devido ao fato de que bacias hidrográficas alongadas apresentam comprimento axial maiores, e o escoamento superficial é mais demorado, em comparação a bacias hidrográficas circulares.

Porém, pode-se identificar que as bacias hidrográficas, apesar de serem alongadas, apresentam enchentes locais, devido a impermeabilização do solo e sua declividade, pois ambas as bacias hidrográficas apresentam uma declividade do talvegue de 2,93% à 2,71%.

Utilizando-se da equação (3), chegou-se a um valor para o tempo de concentração de 0,97h (58min) para à bacia hidrográfica do Córrego da Várzea e

0,85h (51min) para a bacia hidrográfica do Alto Rio Barro Preto. Desta forma, pode-se visualizar que o tempo para que as duas bacias hidrográficas contribuam com a vazão na seção de controle é praticamente igual, sendo assim as duas vazões chegam ao exutório quase ao mesmo tempo, gerando-se assim o transbordamento do curso d'água.

O sistema de drenagem da bacia em estudo, de acordo com a hierarquia de Strahler, possui ramificação de terceira ordem, conforme mostra a Figura 13.

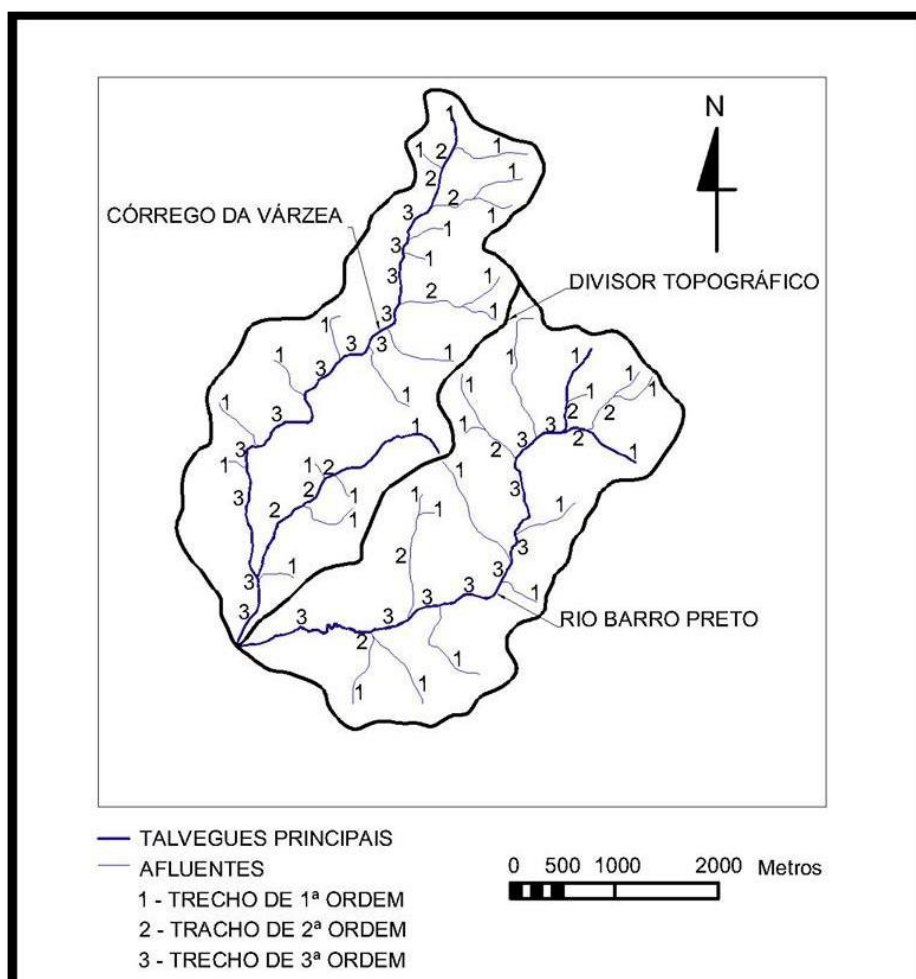


Figura 13 - Mapa de ordem das bacias hidrográficas em estudo
Fonte: Autores, (2013).

O resultado da ordem dos rios, de ordem 3 (três), resulta em rios de baixa drenagem, isto é, com poucas ramificações. Desta observação, quanto menor a ordem dos rios, menor também a tendência de enchentes nas bacias hidrográficas, que comprova que apesar de serem bacias hidrográficas alongadas e com baixa

ramificação dos rios, ao serem modificadas antropicamente, tendem a gerar enchentes locais.

5.2 ANÁLISE DA ALTERAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O estudo sobre o uso e ocupação do solo sobre as bacias hidrográficas do Alto Rio Barro Preto e do Córrego da Várzea, no ano de 1980 pode ser analisado na Tabela 5, e esta sendo representado na Figura 14.

Tabela 5 - Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas em estudo no ano de 1980

BACIA HIDROGRÁFICA	Área (Km²)	Área Urbana (Km²)	(%)	Área de Vegetação (Km²)	(%)	Área de Agricultura (Km²)	(%)
Córrego da Várzea	8,15	0,31	39,71	1,75	40,95	6,08	54,88
Alto Rio Barro Preto	8,00	0,48	60,29	2,52	59,05	5,00	45,12
Geral	16,15	0,79		4,27		11,08	

Fonte: Autores, (2013).

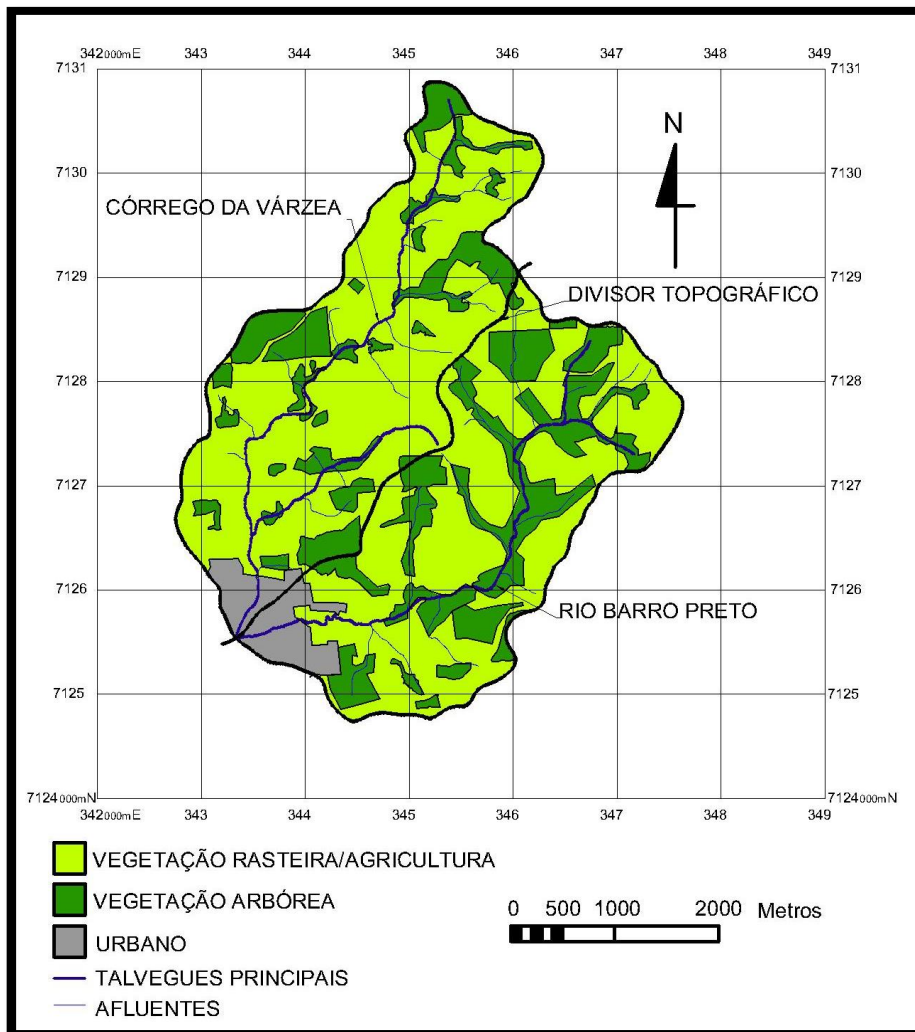


Figura 14 - Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas em estudo, no ano de 1980

Fonte: Autores, (2013).

Pode-se observar que em 1980, a cidade apresentava-se localizada no encontro das duas bacias hidrográficas, no exutório. Enquanto as nascentes já apresentavam a retirada da vegetação e a substituição por solo agrícola.

A Tabela 6 apresenta os valores correspondentes ao uso e ocupação do solo no ano de 1995 na bacia hidrográfica do Córrego da Várzea e do Alto Rio Barro Preto, assim como a Figura 15 ilustra os mesmos.

Tabela 6 - Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas em estudo no ano de 1995

BACIA HIDROGRÁFICA	Área (Km ²)	Área Urbana (Km ²)	(%)	Área de Vegetação (Km ²)	(%)	Área de Agricultura (Km ²)	(%)
Córrego da Várzea	8,15	0,39	42,13	1,37	47,31	6,39	51,81
Alto Rio Barro Preto	8,00	0,53	57,87	1,53	52,69	5,94	48,19
Geral	16,15	0,92		2,90		12,33	

Fonte: Autores, (2013).

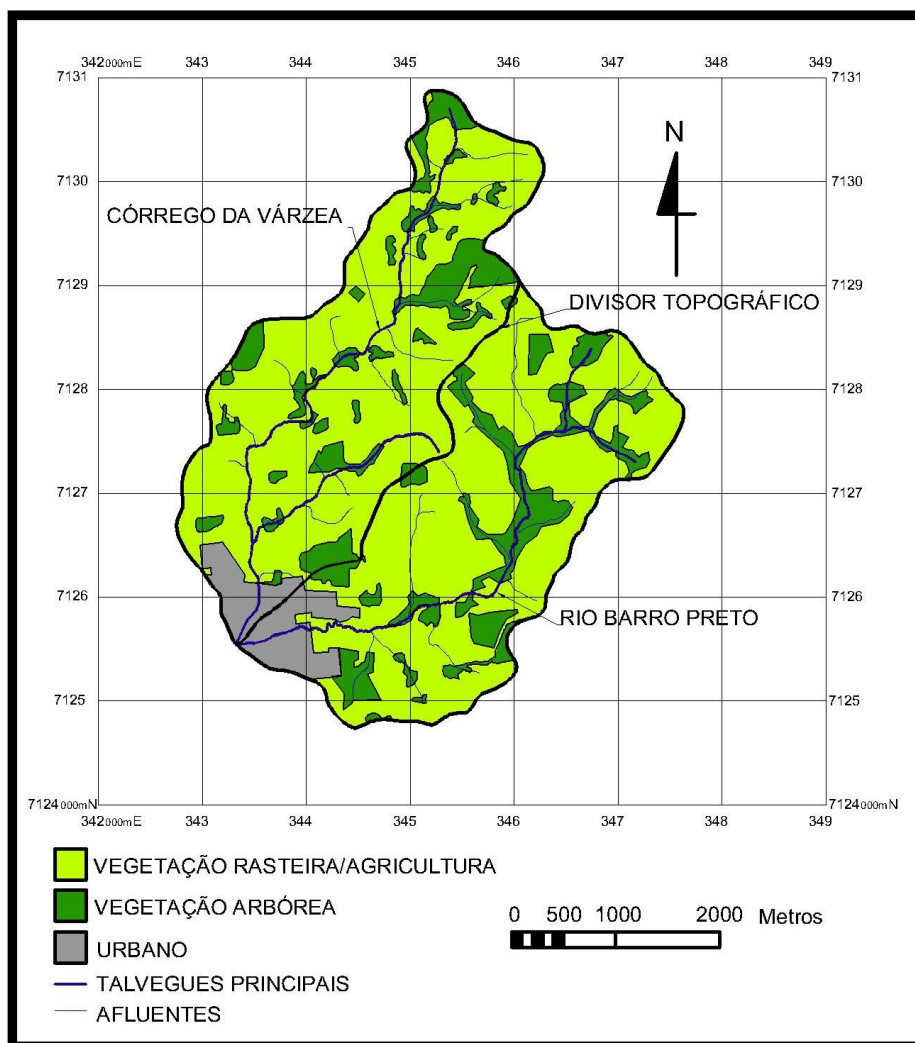


Figura 15 - Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas em estudo, no ano de 1995

Fonte: Autores, (2013).

Com a elaboração do mapa uso do solo de 1995, observa-se que houve uma redução nas áreas de vegetação, e um acréscimo na área urbana e na área de agricultura, porém o crescimento urbano foi pequeno em relação ao crescimento das áreas de agricultura.

Os dados referentes ao uso e ocupação do solo no ano de 2012 estão representados na Tabela 7, assim como estão demonstrados na Figura 16.

Tabela 7 - Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas em estudo no ano de 2012

BACIA HIDROGRÁFICA	Área (Km ²)	Área Urbana (Km ²)	(%)	Área de Vegetação (Km ²)	(%)	Área de Agricultura (Km ²)	(%)
Córrego da Várzea	8,15	0,68	53,76	1,46	44,70	6,00	51,71
Alto Rio Barro Preto	8,00	0,59	46,24	1,81	55,30	5,60	48,29
Geral	16,15	1,27		3,27		11,60	

Fonte: Autores, (2013).

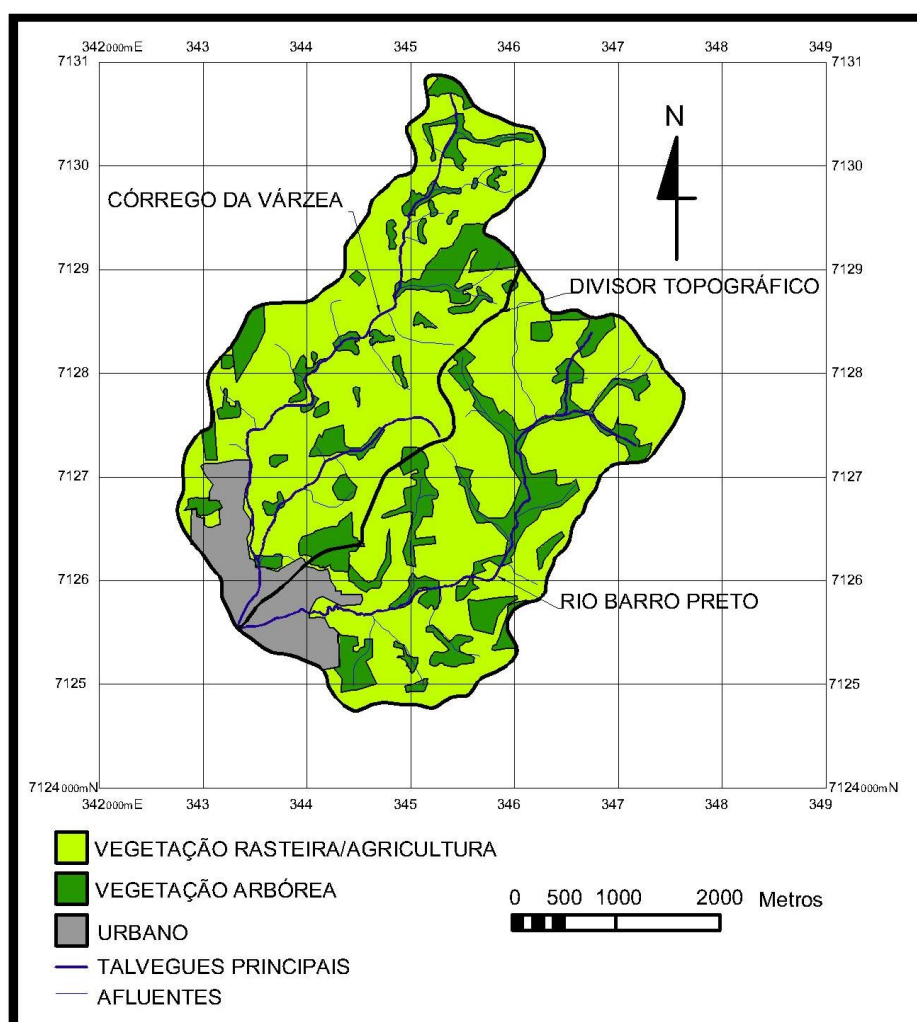


Figura 16 - Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas em estudo, no ano de 2012

Fonte: Autores, (2013).

Em 2012, foram as áreas de agricultura que reduziram, deste modo, pode-se visualizar que estas estão perdendo espaço para a cidade, também pode-se observar que houve acréscimo nas áreas de vegetação, o que demonstra uma maior conscientização da população, devido também as reformulações ocorridas no código florestas no ano de 1996. Também é possível perceber que houve alteração no ponto de encontro dos corpos d'água provenientes das duas nascentes do Córrego da Várzea, isto devido a construção de um lago no ponto de encontro das mesmas.

O Gráfico 1 e o Gráfico 2 mostram o uso e ocupação do solo nos anos de 1980, 1995 e 2012 nas bacias hidrográficas do Córrego da Várzea do Alto Rio Barro Preto. Pode-se observar que as áreas urbanas apresentaram um crescente desenvolvimento, especialmente a área urbana da bacia hidrográfica do Córrego da Várzea, gerando assim mais áreas impermeabilizadas, conseqüentemente impedindo a infiltração das águas das chuvas no solo e desta forma, contribuindo para um maior escoamento superficial.

Em relação ao período de 1995 a 2012, a agricultura apresentou redução em suas áreas, dando assim espaços para a área urbana e para áreas de vegetação, porém em comparação com a área urbana, a área de agricultura apresenta uma maior capacidade de infiltração.

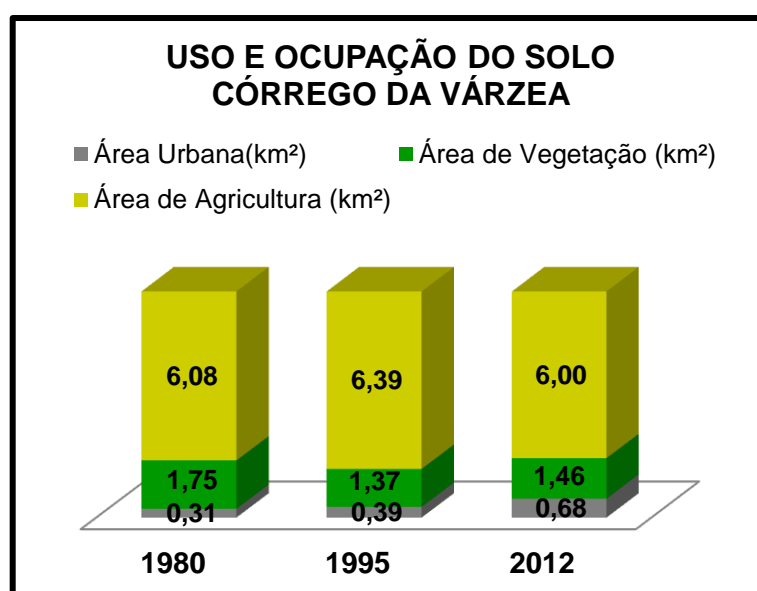


Gráfico 1 - Situação do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego da Várzea
Fonte: Autores, (2013).

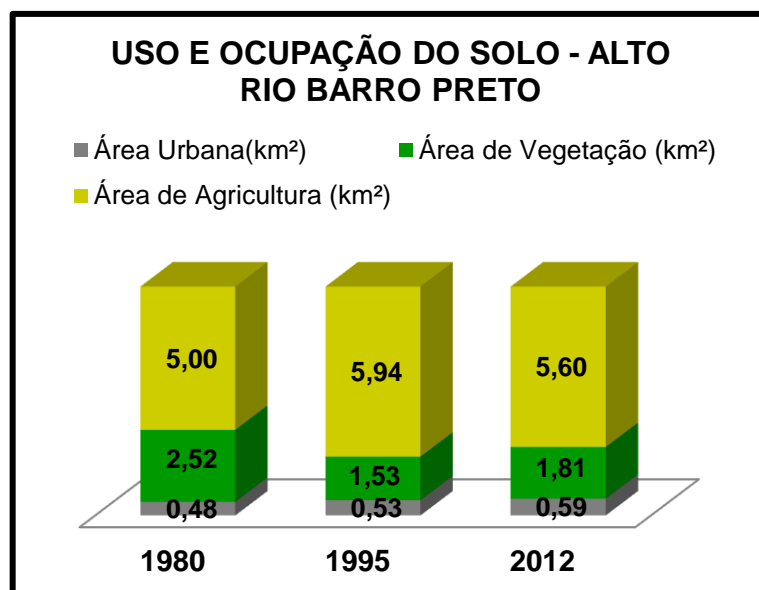


Gráfico 2 - Situação do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Alto Rio Barro Preto

Fonte: Autores, (2013).

Em conjunto com o estudo de uso e ocupação do solo também se analisou a situação da área urbana, bem como o acréscimo das regiões impermeabilizadas dentro das bacias hidrográficas em estudo. Desta forma, obtiveram-se dados referentes às áreas de ruas e as áreas de lotes nos anos de 1980, 1995 e 2012, para as bacias hidrográficas do Córrego da Várzea e do Alto Rio Barro Preto, conforme mostra os Gráficos 3 e 4, a seguir.

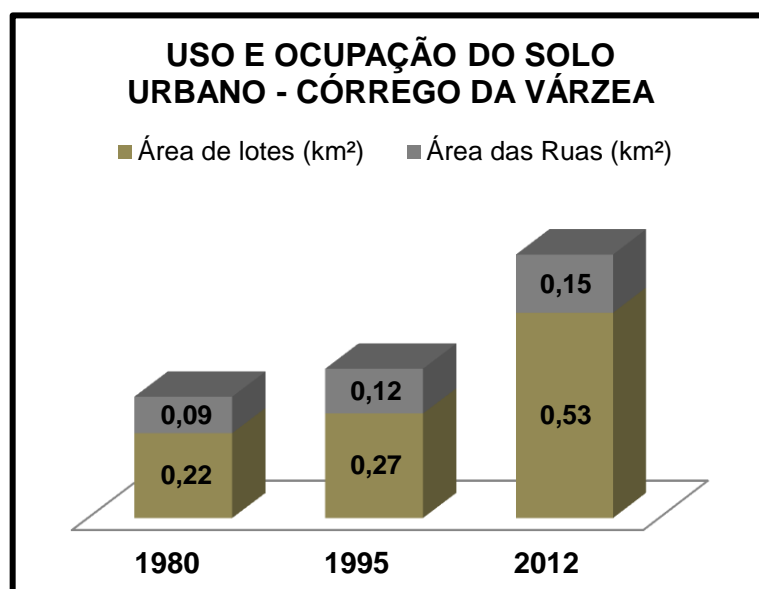


Gráfico 3 - Situação da área urbana na bacia hidrográfica do Córrego da Várzea

Fonte: Autores, (2013).

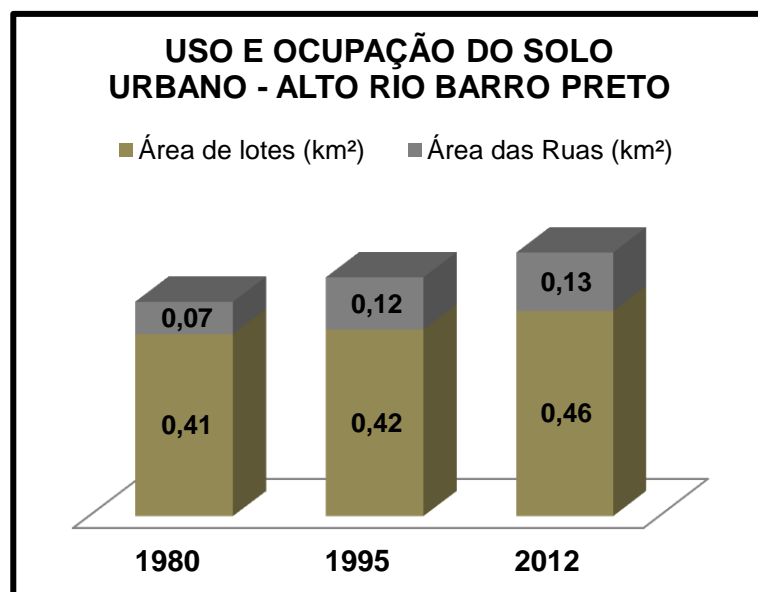


Gráfico 4 - Situação da área urbana na bacia hidrográfica do Alto Rio Barro Preto
Fonte: Autores, (2013).

Pode-se observar que no ano de 1980 a bacia hidrográfica do Alto Rio Barro Preto, possuía mais área urbana do que a bacia hidrográfica do Córrego da Várzea, porém esta bacia hidrográfica possuía mais áreas com ruas, ou seja maior impermeabilização do que a bacia hidrográfica do Alto Rio Barro Preto.

Já no ano de 1995 comparando-se com 1980, observa-se que houve um acréscimo na área urbana de ambas as bacias hidrográficas, assim como nas áreas de ruas. É possível analisar também que em relação ao ano de 1980 não houve um acréscimo significativo nas áreas dos lotes, dando-se a entender que o desenvolvimento urbano se deu através da edificação de novas moradias e estabelecimentos nos lotes já existentes e ocorreram investimentos em estrutura viária.

No ano de 2012, pode-se verificar que a área urbana teve um aumento significativo em relação ao ano de 1980 e 1995, apresentando também um acréscimo grande nas áreas de lotes, especialmente na bacia hidrográfica do Córrego da Várzea, as áreas de ruas também aumentaram, porém não na mesma proporção que as demais áreas.

5.3 ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA

Na Tabela 8 estão demonstrados os quantitativos das precipitações mensais dos anos de 2007 a 2012, assim como as intensidades pluviométricas anuais. No Gráfico 5 é possível visualizar tais informações, sendo que estes dados foram fornecidos pela Coamo Cooperativa Agroindustrial situada no município de Coronel Vivida – PR. A empresa realiza a coleta dos dados através de um pluviômetro tipo cunha instalado no pátio da empresa, a leitura deste é realizada sempre nas primeiras horas da manhã.

Tabela 8 - Precipitações mensais e anuais (em mm) dos anos de 2007 a 2012

Mês \ Ano	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Janeiro	313	153	185	113	159	191
Fevereiro	131	116,5	85,5	175	344	151
Março	223	248	159	209	195	84
Abril	275	268	80	258	91	310
Mai	360	93	257	191	51	78
Junho	39	225	141	74	172	231
Julho	156	89	199,5	136	335	160
Agosto	28,5	145	164	62	228	2
Setembro	16	139	354,5	45	173	62
Outubro	123	218,5	407	275	300	366
Novembro	166,5	181	219	88	165	58,5
Dezembro	147,5	52	165,5	479	58	304
TOTAL	1978,5	1928	2417	2105	2271	1997,5

Fonte: Coamo Cooperativa Agroindustrial, (2013).

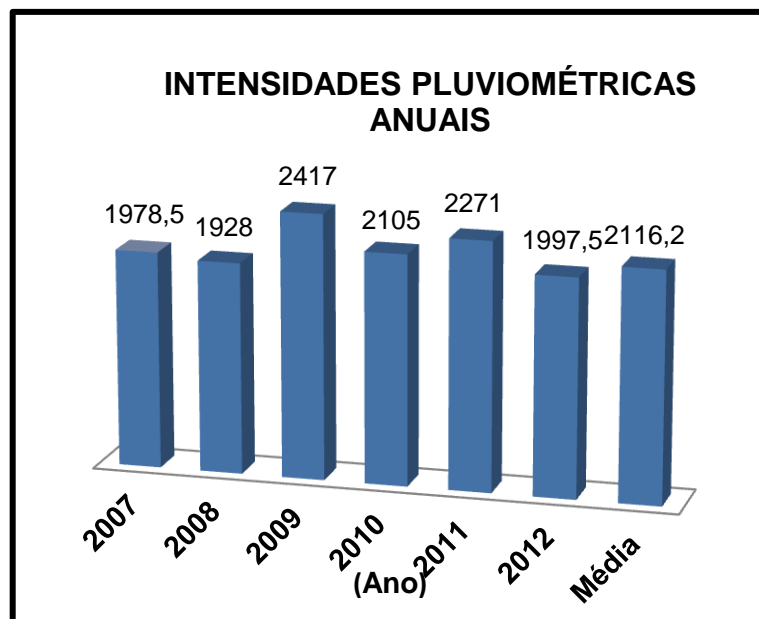


Gráfico 5 - Intensidades pluviométricas anuais (mm), entre o ano de 2007 e 2012

Fonte: Coamo Cooperativa Agroindustrial, (2013).

Analisando-se as intensidades pluviométricas, observa-se como sendo outubro o mês mais chuvoso e agosto o mês com menor índice pluviométrico, pode-se observar também que os últimos 6 anos foram bem atípicos, alguns apresentando médias pluviométricas anuais abaixo de 2000 mm/ano e alguns bem acima deste valor.

5.4 LEVANTAMENTO AMBIENTAL

Tendo em vista o conhecimento da delimitação das bacias hidrográficas, bem como quais são os principais cursos d'água que formam os talwegues, realizou-se o trabalho de campo para avaliar a real situação das nascentes alto curso, médio e baixo curso (exutório) de ambos os corpos d'água. Através dos mapas e imagens aéreas georeferenciadas, foi possível identificar os traçados dos cursos d'água e onde seriam suas nascentes.

Com a identificação dos pontos de avaliação das características dos corpos d'água, demarcaram-se os pontos coletando suas coordenadas, conforme o mapa da Figura 17. Ao realizar o trabalho de campo, com auxílio de um GPS pode-se

encontrar os pontos *in loco* e assim verificar quais as condições das principais nascentes do Rio Barro Preto e Córrego da Várzea. No total, foram visitados 3 pontos para cada bacia hidrográfica em estudo e o exutório, ponto comum às duas bacias hidrográficas.

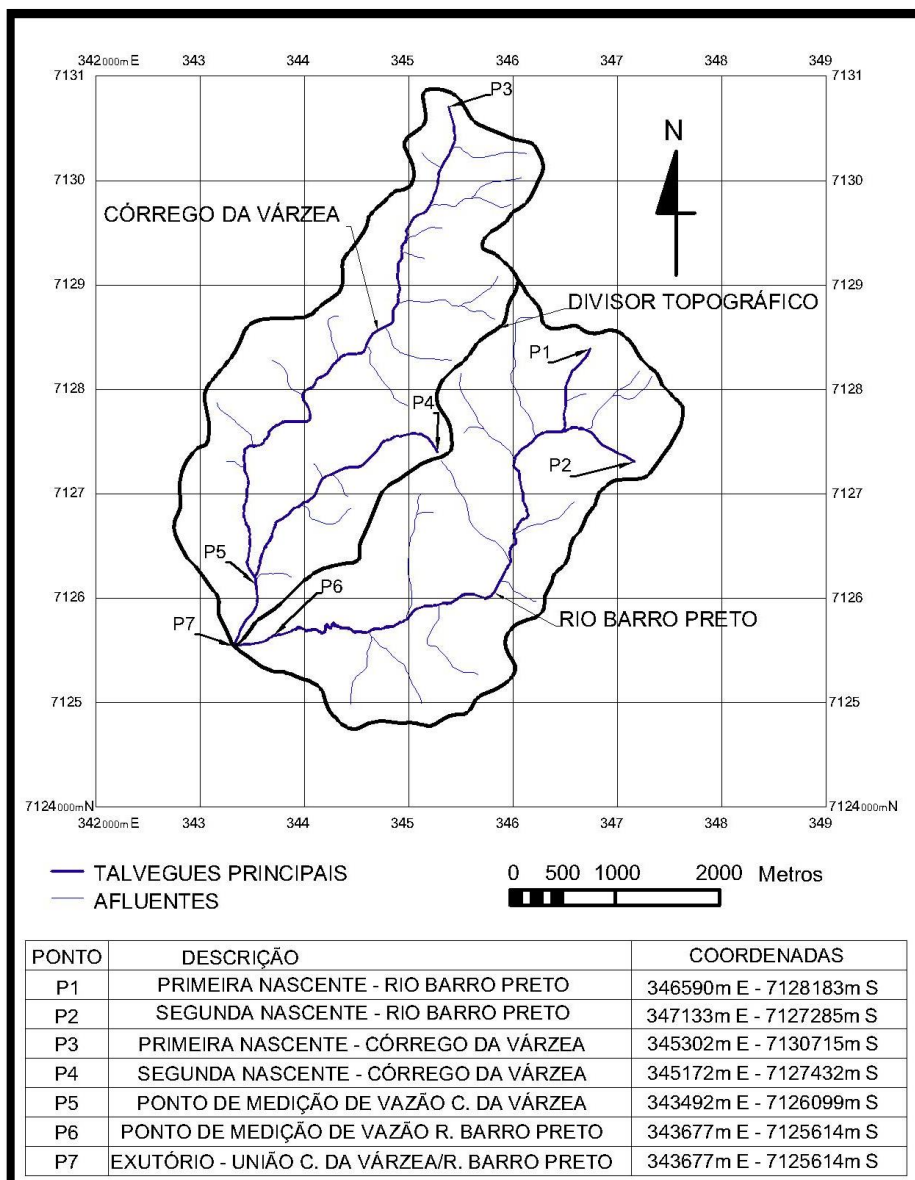


Figura 17 - Demarcação dos pontos vistoriados, com as respectivas coordenadas
Fonte: Autores, (2013).

O Rio Barro Preto apresentou 2 (duas) nascentes principais, sendo que a primeira apresentou região de banhado, possuindo uma faixa de vegetação ciliar conforme mostra a Figura 18.



Figura 18 - Primeira nascente do Rio Barro Preto – Ponto P1
Fonte: Autores, (2013).

A segunda nascente encontra-se represada por ação antrópica, formando um lago, com vegetação ciliar mais densa, conforme mostra a Figura 19.



Figura 19 - Segunda nascente do Rio Barro Preto – Ponto P2
Fonte: Autores, (2013).

O Córrego da Várzea também apresentou 2 (duas) nascentes principais, as quais foi possível visitar e avaliar suas situações. A primeira nascente encontra-se

em uma região de banhado, com vegetação ciliar preservada conforme pode-se visualizar na Figura 20.



Figura 20 – Primeira nascente do Córrego da Várzea – Ponto P3
Fonte: Autores, (2013).

A segunda nascente do Córrego da Várzea encontra-se represada por ações antrópicas, com pouca vegetação ciliar, quase extinta devido ao avanço da agricultura sobre a mesma como apresenta a Figura 21.



Figura 21 – Segunda nascente do Córrego da Várzea – Ponto P4
Fonte: Autores, (2013).

Durante as visitas realizadas às bacias hidrográficas, pode-se visualizar que os cursos d'água nem sempre apresentam vegetação ciliar, o que veio a confirmar aspectos verificados anteriormente através das imagens aéreas. Muitos locais não apresentam vegetação ciliar alguma, decorrente do desmatamento para o aumento de áreas de agricultura. Isso vem acarretar vários problemas aos cursos d'água, como por exemplo, erosão das margens, e assim transportando materiais e causando o assoreamento e redução da profundidade da lâmina da água e transbordamento das laterais das margens.

A Figura 22 (1) representa o ponto do médio curso do Córrego da Várzea, até este ponto o leito ainda apresenta partes com vegetação ciliar, sendo que a partir deste iniciam-se as canalizações, ilustrado na Figura 22 (2).



Figura 22 - Ponto do médio curso do Córrego da Várzea – Ponto 5
Fonte: Autores, (2013).

Nos trechos contidos no interior do perímetro urbano, observou-se que a macrodrenagem, apresentava partes com leito ainda natural, partes com canalização lateral, também trechos com canalização total (canalização fechada). Na área urbana onde há trechos desprovidos de canalização, como é o caso do médio curso do Rio Barro Preto, pode-se verificar a existência de habitações ribeirinhas, como ilustra a Figura 23, pois no plano diretor do município estas áreas não requerem grandes afastamentos das margens dos leitos dos rios. Para edificações de até dois pavimentos o recuo lateral e o recuo dos fundos é de 1,5 metros. Essas habitações correm riscos de serem invadidas pelas águas dos rios sempre que ocorre a elevação do nível d'água decorrentes das chuvas.



Figura 23 - Ponto do médio curso do Alto Rio Barro Preto
Fonte: Autores, (2013).

Verificou-se também a existência e transporte pelas águas, de resíduos sólidos como sacolas plásticas, papelão, madeiras entre outros materiais que podem vir a causar a obstrução total ou parcial dos leitos causando assim o aumento do nível d'água e o transbordamento dos mesmos (Figura 24).



Figura 24 - Resíduos sólidos
Fonte: Autores, (2013).

Ligações clandestinas de esgoto também foram visualizadas próximas a junção dos leitos na parte com canalização total como ilustra a Figura 25.



Figura 25 - Ligação clandestina de esgoto no trecho canalizado do Córrego da Várzea
Fonte: Autores, (2013).

A canalização do Rio Barro preto apresenta larguras diferenciadas, com valores de 3,6 m a 5 m, com alturas variando de 1,21 m a 1,35 m, e os mesmos valores foram observados para o Córrego da Várzea, pois ambos foram canalizados nos mesmos períodos. Na Figura 26 e na Figura 27 podem ser verificados trechos das canalizações dos mesmos.



Figura 26 - Trecho do Rio Barro Preto com canalização lateral
Fonte: Autores, (2013).



Figura 27 - Trecho do Córrego da Várzea com canalização total
Fonte: Autores, (2013).

Porém poucos metros antes da junção dos dois leitos d'água, no exutório das duas bacias hidrográficas, os mesmos apresentam canalização total, com altura de 1,80m e larguras de 3,10m para o Rio Barro Preto e 2,50m para o Córrego da Várzea. A partir deste ponto como mostra a Figura 28, a canalização continua sendo total mantendo a altura e com largura de apenas 3,10m por cerca de 5m, podendo assim considerarmos como havendo um estrangulamento da canalização.



Figura 28 - Junção das canalizações do Rio Barro Preto e Córrego da Várzea
Fonte: Autores, (2013).

Neste ponto de encontro, a canalização deveria apresentar valores superiores, de modo a extravasar todo o escoamento superficial, de ambas as bacias hidrográficas, e não possuir redução da seção transversal das canalizações, sendo este um ponto problemático, propiciando as enchentes locais.

Durante as visitas aos leitos dos rios, verificou-se as vazões dos pontos médios dos mesmos, ambos dentro do perímetro urbano, após o encontro de todos os seus afluentes naturais até o exutório das bacias hidrográficas em estudo e pouco antes do início de suas canalizações. A vazão no dia era de $0,655\text{m}^3/\text{s}$ para o Rio Barro Preto e de $0,712\text{m}^3/\text{s}$ para o Córrego da Várzea. Tais vazões foram verificadas durante período com cerca de 10 dias sem chuvas sobre as bacias hidrográficas, podendo assim ser consideradas vazões de estiagem.

Para os cálculos das vazões de projeto, através do programa CANAL, foram considerados a declividade das bacias hidrográficas e o coeficiente de Mannig de 0,025, de paredes de alvenaria de pedra grosseria cimentada. Os resultados obtidos no programa foram: para a canalização à montante, de 3,6 m de largura e 0,81 m de altura de lâmina d'água máxima, considerando 0,40 m de folga para o canal (sendo no total a altura de 1,21 m), o valor da vazão de projeto de $11,20\text{ m}^3/\text{s}$. Para a canalização de projeto para o canal de 5 m de largura e altura de 0,95 m de altura de lâmina d'água (sempre considerando 0,4 m de folga), a vazão de projeto é de $20,95\text{ m}^3/\text{s}$.

Para o canal próximo do exutório, o Córrego da Várzea apresenta o formato de 2,5 m de largura e altura de 1,8 m, sendo 0,4m de folga do canal (total de 1,4 m de lâmina d'água para cálculos), este apresenta uma vazão de projeto de $15,1\text{ m}^3/\text{s}$. No Rio Barro Preto, apresenta o formato de 3,10 m de largura e 1,8 m de altura (foi considerado 1,4 m de altura de lâmina d'água), com uma vazão de projeto de $20,01\text{m}^3/\text{s}$.

Na junção dos dois, para o canal único, o dimensionamento deveria considerar a somatória das duas vazões, isto é, de $15,1\text{ m}^3/\text{s}$ mais $20,01\text{ m}^3/\text{s}$, sendo no total de $35,11\text{ m}^3/\text{s}$. Porém isto não foi considerado, pois o canal continua com as mesmas dimensões do Rio Barro Preto, de 3,10 m de largura e 1,8 metros de altura, e canalizado fechado, onde para isso a folga deverá ser considerada de 0,5 m. Cerca de 5 m após a junção dos dois leitos, ocorre uma diminuição da largura e

altura do canal, vindo estas a ser de apenas 3,00 m de largura e 1,15 m de altura, como ilustra a Figura 29, possibilitando uma vazão de projeto de apenas 6,51m³/s.



Figura 29 - Estrangulamento do canal após a junção dos dois leitos
Fonte: Autores, (2013).

Mantendo o raciocínio de cálculo, a vazão do canal fechado, que é a união das duas bacias hidrográficas, é de 6,51 m³/s, o que representa apenas 19% da vazão necessária de 35,11 m³/s. Se for considerar esta vazão de projeto, para uma folga de 0,5 metros e a mesma largura de 3,00 m, a altura do canal único deveria ser de 2,23 m (total de 2,73 metros).

O que poderia solucionar este problema seria a construção de pequenas bacias de amortecimento, antes do exutório, de modo a reduzir o volume de escoamento superficial local. Tendo em vista que não teria como aumentar a seção da canalização única, pois a cidade já está construída sobre esta.

Foram coletadas amostras de água de pontos dos leitos próximos a junção dos mesmos, sendo assim, dentro do perímetro urbano para que se pudesse realizar testes de Ph e Cloro, através de kit portátil de testes, bem como para a verificação, em laboratório, da turbidez junto ao turbidímetro. Os resultados estão contidos na Tabela 9.

Tabela 9 - Dados das amostras de água coletadas

Local de Coleta	Ph	Cloro	Turbidez (NTU)
Primeira Nascente Rio Barro Preto – P1	6,8	0	3,39
Primeira Nascente Córrego da Várzea – P3	6,8	0	3,78
Ponto de Medição de Vazão Córrego da Várzea – P5	6,8	0	10,00
Ponto de Medição de Vazão Rio Barro Preto – P6	6,8	0	23,5
Exutório das Bacias Hidrográficas – P7	6,8	0	18,00

Fonte: Autores, (2013).

Pode-se verificar que não há presença de cloro nem alteração de Ph nos cursos d'água até os pontos onde foram coletadas as amostras. Tais amostras apresentaram certa turbidez, que pode ser causada pelo transporte de sedimentos, ocasionando uma menor incidência de luz em pontos mais profundos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os objetivos deste trabalho e com base nos resultados obtidos, foi possível analisar e verificar quais dos fatores podem estar contribuindo para a ocorrência de enchentes no município de Coronel Vivida – PR.

Ao se analisar a morfometria das bacias hidrográficas, foi possível verificar conforme o coeficiente de compacidade (K_c) que ambas as bacias hidrográficas possuem uma tendência mediana, não sendo propícias a grandes enchentes. Os valores de K_c estão acima do valor 1 (um), isto implica em uma bacia hidrográfica menos circular, ou seja estas tendem a ser alongadas, e assim o tempo de concentração (T_c) é maior, e menor é a tendência de haver picos de enchente.

Porém ao se averiguar o fator de forma (K_f), verifica-se que as bacias hidrográficas em questão têm menor tendência às enchentes, devido à questão de quanto mais longa for à bacia hidrográfica menor será o K_f , desta forma torna-se menos sujeita a picos de enchente, tendo em vista que o T_c é maior.

Através de fotos aéreas e mapas, foi possível montar mapas de uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas para os anos de 1980, 1995 e 2012, e com isso mensurar conforme mostram os dados da Tabela (10), quais foram as modificações que ocorreram durante esse período e qual o grau de contribuição das mesmas para a ocorrência de enchentes urbanas.

Tabela 10 - Áreas de uso e ocupação do solo para cada ano de estudo.

Uso e Ocupação do Solo	Áreas (km ²)		
	Ano 1980	Ano 1995	Ano 2012
Urbano	0,79	0,92	1,27
Vegetação	4,28	2,90	3,28
Agricultura	11,08	12,33	11,60

Fonte: Autores, (2013).

A área urbana das bacias teve um crescimento constantemente chegando a um aumento de 62%, porém representa apenas 7,87% da área total das bacias hidrográficas, não vindo a ser de grande influência na variação do uso e ocupação do solo.

Com relação a área de vegetação, a mesma obteve uma oscilação a qual se deu devido ao desbaste e posterior reflorestamento, vindo em determinado período apresentar uma queda na área com vegetação e posterior elevação da mesma, mas com uma diminuição de 31% entre os anos de 1980 e 2012. Tais alterações, na visão geral por ela representar cerca de 20%, em 2012, da área das bacias hidrográficas, pode-se considerar que é de pequena influência às causas das enchentes urbanas no município.

Assim como a área de vegetação, a área de agricultura e vegetações rasteiras das bacias hidrográficas obtiveram oscilações entre esses anos de verificação. Essas oscilações se deram devido aos desmatamentos e posterior ao reflorestamento de algumas áreas, sendo que em 2012 a área de agricultura e vegetação rasteira era de 72% a área total, contribuindo assim para o aumento do escoamento superficial e com isso há aumento das vazões dos rios e córregos das bacias hidrográficas.

Pode-se observar a existência de trechos dentro do perímetro urbano, lateralmente e totalmente canalizados, com redução de largura, causando o estrangulamento do leito dos mesmos.

Através de levantamento nos arquivos da Prefeitura Municipal de Coronel Vivida – PR, não foram encontrados documentos e/ou projetos referentes à canalização do rio na área central do município. Outro ponto verificado durante o estudo foi a diferença das dimensões das canalizações existentes, que apresentam larguras maiores em áreas à montante, e larguras menores na parte jusante das bacias hidrográficas, comprovando que foram executadas em períodos diferentes, conforme o crescimento da cidade, e também sem projetos adequados às condições existentes.

Durante o levantamento ambiental, também foi possível averiguar que existem, ao longo dos rios, extensões sem a devida preservação da vegetação ciliar, e também que a população em determinados pontos acabou por invadir os leitos dos rios.

No entanto, há vários fatores que contribuem para as enchentes locais na cidade de Coronel Vivida - PR, que são tanto naturais como antrópicos. Dentre os naturais está o próprio leito dos corpos d'água que apresenta a área natural de inundações, que conforme o tempo de retorno das enchentes registradas, ocorreram

em torno de cada 6 anos e a última de 31 anos. Outros fatores naturais são: as áreas de estudo que apresentam um alto índice de pluviosidade, em torno de 2000 mm por ano, a declividade das bacias hidrográficas, em torno de 2,8%, que auxiliam na velocidade do escoamento superficial e o solo local, argiloso, que dificulta a infiltração da água no solo.

Todos estes aspectos ambientais deveriam ser estudados antes de iniciar o processo de urbanização, mas sabe-se que isto não ocorre. As cidades do Sudoeste do Estado do Paraná não apresentaram um planejamento urbano, pois foram sendo urbanizadas aos poucos, a população local, se instalava em locais impróprios, como fundo de vales, normalmente buscando a proximidade com as nascentes de rios que viabilizava o acesso à água, tanto para uso residencial quanto para a agricultura e pecuária.

A cidade de Coronel Vivida foi implantada em local considerado impróprio, por se tratar do exutório de duas bacias hidrográficas, que naturalmente eram pontos de inundações naturais, portanto a área sofre regularmente este processo natural. Porém, as alterações do solo (solo rural e urbano), geram um maior aumento destas enchentes locais.

As vazões naturais verificadas em pontos médios dos rios dentro do perímetro urbano mostram que as canalizações seriam suficientes para o escoamento das águas, mas isso não se confirma visto que tais vazões foram verificadas em período de estiagem. O sistema ineficiente de macrodrenagem, como apresentado na pesquisa, comprova que a canalização não foi calculada ou dimensionada para vazões de cheias conforme os padrões de engenharia hidráulica. Outro problema é a junção das duas canalizações em uma seção única, com seção transversal reduzida. Em conjunto, a retirada da vegetação local, que com o aumento da agricultura, resultou em um acréscimo de escoamento superficial.

Uma das soluções que podem ser implantadas para o controle de inundações nas bacias hidrográficas em questão seria a construção de bacias de amortecimento, instaladas antes do exutório para recolher parte da água proveniente do escoamento superficial, e reduzir ou até mesmo retardar a chegada deste volume d'água no exutório, tendo em vista os tempos de concentração das duas bacias hidrográficas.

Juntamente com esta solução, tendo em vista que entre 1980 e 2012 houve um acréscimo de 63% das áreas de lotes, seria a utilização da água da chuva, seguindo o exemplo da cidade de Curitiba, onde as novas edificações devem apresentar os projetos de aproveitamento da água pluvial. E para as edificações existentes, um exemplo a ser citado seria a cidade de Porto Alegre, onde o cálculo do IPTU está diretamente ligado com a arborização e a capacidade de infiltração de água no lote, a adoção desta medida seria também uma forma de incentivar os moradores a deixarem mais áreas verdes, o que aumentaria a permeabilidade do lote.

Recomendações para a continuação do estudo na cidade de Coronel Vivida

- PR: estudo da permeabilidade do solo, através de infiltrômetros, como o Anel Duplo ou Cilíndrico Único; estudo da vazão dos rios e córregos, com a realização da curva chave do rio de modo a monitorar as áreas de inundações; bem como maneiras de redução do lançamento em via pública das águas das chuvas que precipitem dentro dos lotes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Nara L. R.; XAVIER, Fernanda V.; ALVES, Édina C. R. F.; SILVEIRA, Alexandre; OLIVEIRA, Carlos U. R. **CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E PLUVIOMÉTRICA DA BACIA DO RIO MANSO – MT** – Geociências, Vol. 27, n. 2, p. 237-248. UNESP – São Paulo – 2008.

BIANCHI, Rita de Cássia. **Análise hidrológica do escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio Canguiri, região metropolitana de Curitiba, PR.** Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas na América do Sul.** 1 ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

CARDOSO, Christiany A.; DIAS, Herly C. T.; SOARES, Carlos P. B.; MARTINS, Sebastião V. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.** Sociedade de Investigações Florestais – Revista Árvore, Vol. 30, n. 2, p. 241-248. Viçosa – MG – 2006.

Carta Topográfica da DSG – Diretoria de Serviços Geográficos referentes a Coronel Vivida, na escala de 1:25.000, correspondente a folha SG-22-V-C-VI-4-SE de 2006.

COAMO COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL. Endereço: Rodovia BR 373, Km 96 - Coronel Vivida – PR. Dados pluviométricos: ano 2007 a 2012.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia.** 2 ed. São Paulo – SP: Editora Edgard Blucher Ltda, 1988.

GEISSLER, H, J.; LOCH, R. E. N. **Análise histórica das enchentes em Curitiba – PR: Medidas propostas e consequências observadas.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004. Florianópolis – SC.

HIDROTEC. Disponível em: <61TTP://www.hidrotec.ufv.br/metodologia_resultados.html>. Acesso em : 28 de junho de 2013.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS DO PARANÁ. Fotos Aéreas do Município de Coronel Vivida. Paraná, 1980. 04 fotografias aéreas, preto e branco. Escala 1:25.000

GRUPO DE PESQUISA EM RECURSOS HÍDRICOS – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – DEA – UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – Disponível em: < <http://www.gprh.ufv.br>>. Acesso em 15 de abril de 2013.

JABUR, A. S. **Alterações Hidrológicas decorrentes de mudança do uso e ocupação do solo na Bacia hidrográfica do Alto Rio Ligeiro, Pato Branco – PR.** Tese (Pós- Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

JABUR, A. S. Notas de Aula do curso de Engenharia Civil. Curso de graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2011.

Jornal Diário do Sudoeste. **Chuva causa alagamento em Coronel Vivida.** Disponível em: <<http://www.diarioagora.com.br/noticias/região/8,13666,08,01,chuva-causa-alagamento-em-coronel-vivida.html>>. Acesso em: 16 de Abr. de 2013.

LIRA, E. M. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé Amaro Acre – Brasil.** Revista Geonorte. Vol. 03 n 04. Ed. especial. Pág. 606-616, 2012.

MORESI, E. **Metodologia da pesquisa.** Universidade Católica de Brasília – UCB, Brasília, 2003.

Oldy Revelações. Empresa de Fotografias e filmagens. Endereço: Rua Brigadeiro Rocha Loures, 62 – Centro - Coronel Vivida - PR. Fotografias: ano 1970, 1975 e 1982.

POMPÊO, C. A. **Drenagem urbana sustentável.** RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 5 n. 01. Jan/Mar 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CORONEL VIVIDA. Disponível em: <<http://www.pmcv.com.br/2010/dados-estatisticos.php>>. Acesso em: 13 de abril. de 2013.

Rádio Voz do Sudoeste. Endereço: Avenida Generoso Marques, 595 – Centro - Coronel Vivida - PR. Fotografias: ano 2013.

RIGHETTO, A. M. Manejo de águas pluviais urbanas. PROSAB 5 – Programa de pesquisa em saneamento básico. 1ª Ed. Rio de Janeiro, 2009.

Software GOOGLE TM EARTH versão 7.0.3.8542 – 2012.

Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA. Mapa Precipitação Anual. Disponível em <www.suderhsa.pr.gov.br>. Acesso em: 17 de Abr. de 2013.

TEODORO, V. L. I. **O conceito de Bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Revista Uniara. n. 01. 2007.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. da. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, ABRH, 2009.

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

TUCCI, C. E. M. **Água Doce.** Cap. 14. Instituto de Pesquisas Hidráulicas Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. (A)

TUCCI, C. E. M. **Plano Diretor de drenagem urbana: princípios e concepção.** RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 2 n.2 Jul/Dez 1997. (B)