

Artigo Técnico

Diagnóstico preliminar da integridade ambiental de fundos de vale

Environmental integrity preliminary assessment of valley bottoms

Priscila Pini Pereira^{1*}, Evaristo Atencio Paredes², Cristhiane Michiko Okawa³

RESUMO

O crescimento urbano tem grande impacto nos ambientes naturais, em especial nas áreas de fundos de vale. Este trabalho teve como objetivo elaborar uma ferramenta para avaliação preliminar da integridade ambiental de fundos de vale, a fim de fornecer subsídios aos gestores da administração pública no diagnóstico e na tomada de decisões quando da intervenção nessas áreas. Para tanto, foram selecionados indicadores ambientais e a ferramenta foi aplicada para avaliação da situação ambiental de dois fundos de vale situados na cidade de Maringá, Paraná: os córregos Mandacaru e Betty. Os indicadores foram selecionados da literatura e submetidos à apreciação de 30 profissionais que atuam com projetos de drenagem ou gestão ambiental, para que atribuísssem pesos de acordo com a relevância do indicador para se avaliar a condição ambiental de fundos de vale localizados em cidades de médio porte, com urbanização e infraestrutura já consolidados. Ao final da aplicação dos indicadores, foi calculado o índice de atendimento aos indicadores propostos (I). Para caracterizar os dois fundos de vale objetos de estudo deste trabalho foram elaborados mapas temáticos, consultados estudos publicados sobre a região e realizados trabalhos de campo. O córrego Mandacaru apresentou atendimento aos indicadores propostos (I) igual a 35,88%, e o córrego Betty, igual a 43,20%. Ambos os córregos tiveram sua condição ambiental classificada como ruim, de acordo com a metodologia aplicada.

Palavras-chave: indicadores ambientais; cursos de água urbanos; gestão de rios urbanos; fundos de vale.

ABSTRACT

Urban growth has a significant impact on natural environments, particularly in valley bottom areas. This paper aimed to elaborate a tool for the preliminary assessment of the environmental integrity of valley bottoms in order to provide preliminary support to managers of public administration in the diagnosis and decision-making to intervene in these areas. Therefore, we chose environmental indicators and the tool was applied to assess the environmental situation of two valley bottoms located in the city of Maringá, Paraná State, Mandacaru and Betty streams. The indicators were selected using literature as references and underwent the assessment of 30 professionals who work in drainage projects or environmental management, so that they attributed weights according to the relevance of the indicator to assess the environmental condition of valley bottoms located in medium-sized cities, with consolidated urbanization and infrastructure. At the end of the application of indicators, the rate of compliance with the proposed indicators (I) was calculated. To characterize the two valley bottoms, which are the fields of study, thematic maps were prepared and we consulted published studies on the region and conducted fieldworks. The Mandacaru stream presented services to the proposed indicators (I) equal to 35.88% and the Betty stream was equal to 43.20%. Both streams have their environmental condition classified as poor, according to the applied methodology.

Keywords: environmental indicators; urban water rivers; management of urban rivers; valley bottoms.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano está, geralmente, associado com a construção de estruturas artificiais, como redes viárias, redes para abastecimento de água, para coleta de águas pluviais e esgotos. Essas mudanças têm impactos nos ecossistemas aquáticos e sobre o ciclo da água, devido ao aumento e à aceleração do escoamento superficial, à diminuição da recarga de águas subterrâneas, à modificação das vias naturais de

escoamento da água devido às canalizações, dentre outros (BRAUD *et al.*, 2013).

Ainda no processo de urbanização, podem ser observados impactos significativos na população e no ambiente, acarretando em problemas como poluição e erosão dentro de rios urbanos, além de aumentar a frequência e o nível das inundações (CHU *et al.*, 2013). Cabe ressaltar que esses impactos são desencadeados principalmente pela forma

¹Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Apucarana (PR), Brasil.

²Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá (UEM) – Maringá (PR), Brasil.

³Professora do Departamento de Engenharia Civil da UEM – Maringá (PR), Brasil.

*Autor correspondente: priscilapini90@gmail.com

Recebido: 29/09/2016 – Aceito: 27/04/2017 – Reg. ABES: 169928

como as cidades se expandiram: falta de planejamento e controle do uso do solo, ocupação de áreas de risco e sistemas de drenagem inadequados (IPH, 2005).

Boa parte das cidades brasileiras se originou próximo aos recursos hídricos, devido à facilidade de obtenção de água (BRASIL, 2013). Os cursos d'água e seu entorno ou faixas lindeiras delimitam uma área conhecida como fundo de vale, que se desenvolvem em planícies ou várzeas, inundáveis ou não em períodos chuvosos (AFINI JR., 1973).

Os fundos de vale urbanos são os mais afetados pela poluição gerada pelo homem, como disposição inadequada de resíduos sólidos e lançamento de esgotos brutos. Outros impactos que podem ser observados com frequência nessas áreas são a supressão da vegetação ciliar ou a substituição das espécies nativas por espécies exóticas, a erosão das margens do curso d'água e o assoreamento no seu leito (AMORIM & CORDEIRO, 2004; REIS & ZEILHOFER, 2005; ANDRADE & ROMERO, 2005; CUSHMAN & GAFFNEY, 2010; VOGEL; ZAWADZKI; METRI, 2009).

Segundo Nascimento e Heller (2005), o setor de saneamento é, provavelmente, o que apresenta maior interação e interfaces com o de recursos hídricos, pois as ações de saneamento ou de sua carência são notórias sobre o meio ambiente e, em particular, nos recursos hídricos.

Nesse contexto, foi aplicada uma metodologia para um diagnóstico ambiental preliminar de fundos de vale em áreas urbanizadas, considerando indicadores relacionados: ao saneamento básico; à vegetação ciliar; aos impactos ambientais (erosão, assoreamento, resíduos sólidos); à integração dos cursos d'água com o município e a população; e às iniciativas de educação ambiental.

Foram selecionados da literatura e da legislação nacional indicadores que pudessem avaliar a condição ambiental de áreas de fundo de vale (BRASIL, 2007; 2012; BRAUD *et al.*, 2013; CHU *et al.*, 2013; CUSHMAN & GAFFNEY, 2010; HERZOG & ROSA, 2010; RIBEIRO & HELLER, 2004).

Eles foram submetidos à apreciação de profissionais que têm alguma relação com projetos e obras de saneamento básico ou gestão ambiental atuantes nas cidades de Maringá e Curitiba, Paraná. Os profissionais consultados foram engenheiros civis, biólogos, geógrafos, arquitetos e engenheiros ambientais.

Os profissionais atribuíram pesos aos indicadores, de acordo com sua relevância no diagnóstico da condição ambiental de fundos de vale urbanos. Com os pesos e as notas atribuídos a cada indicador, foi possível classificar a situação ambiental dos fundos de vale.

A aplicação dos indicadores foi realizada em dois fundos de vale localizados na cidade de Maringá, Paraná: córrego Mandacarú e córrego Betty. Esses córregos foram escolhidos por se tratarem de cursos d'água localizados em região densamente urbanizada no município.

A caracterização física da área foi realizada com a elaboração de mapas temáticos, trabalhos de campo e com base em referências e estudos

publicados sobre as áreas em questão (PETSCH, 2014; PEREIRA *et al.*, 2014; SCHNEIDER *et al.*, 2011; NEVES & SOUZA, 2013; MARCATTO *et al.*, 2015; AOKI *et al.*, 2010).

Os resultados da aplicação da metodologia de diagnóstico ambiental preliminar mostraram que as duas áreas se apresentam em situação ruim e sugerem ações que poderiam ser realizadas para melhorar a condição dos fundos de vale estudados.

ÁREAS DE FUNDOS DE VALE

Fundos de vale localizados em áreas urbanizadas, muitas vezes, apresentam-se em situação de degradação. Nas últimas décadas, a preocupação com as condições dos rios e dos córregos urbanos tem crescido e a recuperação da integridade física dos ecossistemas aquáticos tem se tornado uma questão importante e apoiada por programas nacionais e internacionais, além da legislação que tem se modificado em prol de algumas questões ambientais. A integridade física, nesse contexto, refere-se a fenômenos hidrológicos, geomorfologia, qualidade da água e ecologia (FINDLAY & TAYLOR, 2006).

Segundo Jacobson (2011), estudos sobre os impactos da urbanização no meio natural se intensificaram na década de 1960, quando as áreas urbanas em cidades americanas e europeias começaram a se expandir no período pós-guerra. Surgiram então algumas hipóteses: o escoamento superficial aumenta como resultado da urbanização e é proporcional à área que se torna impermeável; a impermeabilização altera a taxa em que a água se infiltra no solo, diminuindo a recarga de água subterrânea, e diminui eventos de chuva de baixa intensidade (LEOPOLD, 1968 *apud* JACOBSON, 2011). Estudos ao longo das próximas décadas tendem a confirmar essa teoria convencional hidrológica.

Findlay e Taylor (2006) definem córregos urbanos como córregos inseridos em uma bacia hidrográfica onde uma área significante apresenta urbanização, com áreas combinadas de telhados, vias e superfícies pavimentadas ou impermeabilizadas que somam mais de 10% da área de drenagem da bacia. Os autores citam que a partir de 10% de urbanização, é comum a degradação dos corpos hídricos urbanos.

SANEAMENTO BÁSICO

As áreas de fundo de vale são afetadas pela existência e qualidade dos serviços de saneamento básico. A coleta e o tratamento de esgotos sanitários impedem que o esgoto bruto seja despejado nos cursos d'água. A coleta e o tratamento ambientalmente adequado aos resíduos sólidos, bem como a conscientização da população, por meio da educação ambiental, evita que as áreas de fundos de vale se tornem depósito de resíduos.

No caso da drenagem urbana, quando a infraestrutura é suficiente para conduzir os escoamentos pluviais, as áreas de fundo de vale e o

seu entorno ficam protegidos de inundações em períodos chuvosos. Isso porque os conceitos para a moderna drenagem urbana não se baseiam mais somente em afastar rapidamente o escoamento superficial, e sim infiltrar e retardar parte do volume precipitado. Essas técnicas, chamadas por muitos autores de técnicas compensatórias ou desenvolvimento de baixo impacto, vêm sendo utilizadas para adequação dos sistemas de drenagem existentes em regiões com urbanização consolidada ou então em novas áreas a serem ocupadas, visando minimizar os impactos aos recursos hídricos.

Na busca de melhorias nos serviços de saneamento básico brasileiro, em 5 de janeiro de 2007, foi sancionada a Lei Federal nº 11.445, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico integrado, englobando os serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, coleta de resíduos sólidos e manejo e drenagem de águas pluviais (BRASIL, 2007).

Tucci (2008) cita que os projetos integrados de saneamento básico devem procurar, conjuntamente, uma distribuição de água segura, racional e eficiente; a coleta e o tratamento dos efluentes líquidos; a coleta de resíduos sólidos domiciliar e a limpeza das ruas, juntamente com a educação da população sobre sistemas de reciclagem eficientes; e a infraestrutura sustentável para infiltração e escoamento de águas pluviais.

A partir da criação da Lei Federal nº 11.445, iniciou-se uma nova e desafiadora fase do saneamento no Brasil, em que o maior protagonista é o município, na condição de titular dos serviços de saneamento básico. Também no ano de 2007, foi criado o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), o qual promoveu a retomada dos investimentos para a execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética do país, incluindo obras de saneamento básico (BRASIL, 2013).

A Lei Federal nº 11.445 prevê a elaboração dos planos de saneamento básico para cada município, os quais devem ser compreendidos como uma ferramenta estratégica de planejamento para regulamentação dos serviços de saneamento básico e para o embasamento da tomada de decisões técnicas dos gestores quanto a esse assunto.

INFRAESTRUTURA VERDE

Uma das formas de se alcançar níveis de sustentabilidade em ambiente urbano é a adoção de uma infraestrutura verde. Herzog e Rosa (2010) definem a infraestrutura verde ou ecológica como áreas com fragmentos permeáveis e vegetados, preferencialmente arborizados, com o objetivo de manter ou restabelecer os processos naturais e culturais que asseguram parte da qualidade de vida urbana.

A Lei Federal nº 12.651, de 2012, conhecida como Código Florestal, permite ao poder público municipal o estabelecimento de áreas verdes urbanas. Para manutenção e preservação dessas áreas, a Lei Federal dispõe de quatro instrumentos ao município: o direito de preempção,

para aquisição de remanescentes florestais relevantes; a transformação das Reservas Legais em áreas verdes nas expansões urbanas; a exigência de áreas verdes nos loteamentos, empreendimentos comerciais e na implantação de infraestrutura; e aplicação de recursos oriundos da compensação ambiental nessas áreas verdes (BRASIL, 2012).

O Código Florestal define área de preservação permanente (APP) como “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (art. 3º, inciso II).

A mesma lei estabelece ainda a largura mínima dessas áreas quando se tratam de faixas marginais de qualquer curso d’água, natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular (art. 4º, inciso I). A largura mínima é de 30 m, para cursos d’água com menos de 10 m de largura, e pode chegar a 500 m para cursos d’água com largura superior a 600 m. No caso de nascentes e olhos d’água perenes, deve ser mantido um raio mínimo de 50 m de APP no seu entorno, qualquer que seja sua situação topográfica.

A ocupação irregular das APPs dá origem às populações ribeirinhas, geralmente de baixa renda e excluída de áreas urbanizadas.

A infraestrutura verde, quando bem planejada, implementada e monitorada, pode se constituir no suporte para a resiliência das cidades, ou seja, um meio de adaptar e regenerar as cidades para os impactos causados pelas ações humanas, por exemplo. O ideal é que ela seja planejada antes da ocupação da área, para que áreas de grande valor ambiental possam ser conservadas, como áreas alagadas, e prevenir eventos como enchentes (HERZOG & ROSA, 2010).

A criação de parques lineares em ambientes urbanos é uma proposta para integração da população com áreas de fundo de vale. Parques lineares são faixas destinadas ao lazer e à prática de esportes, que podem conter equipamentos esportivos e recreativos como quadras, *playground* e ciclovias. Espera-se que a criação de parques ajude na valorização e na proteção dessas áreas pela comunidade.

Segundo Pellegrino *et al.* (2006), um sistema de parques e corredores verdes integrados facilita o acesso da população a equipamentos esportivos e recreativos. Os autores complementam que são locais onde podem ser criados roteiros culturais e de educação ambiental, em parceria com escolas e universidades, por exemplo.

Os ambientes ripários ou vegetação ciliar são as formações que circundam os cursos d’água, desempenhando funções importantes para a manutenção da qualidade desses ambientes.

Richardson *et al.* (2007) definem as zonas ripárias como as franjas ou os cílios dos rios e córregos, a zona de interface entre os ecossistemas aquático e terrestre. Os autores complementam que essa área é afetada por chuvas, enchentes, processos erosivos e de assoreamento e, geralmente, comportam uma flora distinta, com estrutura

e funções diferentes da vegetação que não se localiza no entorno de recursos hídricos.

Além da estabilidade física que a vegetação ciliar confere às áreas marginais dos cursos d'água, controlando processos de erosão e assoreamento, por exemplo, ela controla o fluxo de água que chega aos corpos hídricos, bem como nutrientes e sedimentos, e funciona como corredor para a circulação de espécies (CUSHMAN & GAFFNEY, 2010).

Uma das ameaças aos ecossistemas fluviais e às matas ciliares nativas é o aparecimento de espécies exóticas, o que, segundo Ziller (2001), é a segunda maior ameaça mundial à biodiversidade, ficando atrás apenas da destruição de *habitats* pela exploração humana direta.

De acordo com Hood e Naiman (2000), as matas ciliares são ricas na variedade de espécies nativas, porém são também suscetíveis à invasão por espécies exóticas. Isso porque atividades humanas podem introduzir espécies exóticas nessas áreas, enquanto eventos naturais, como chuvas e enchentes, auxiliam na propagação de suas sementes para toda a área ribeirinha.

Plantas exóticas, também chamadas de alienígenas, são espécies que ocorrem fora de seus domínios naturais de distribuição e foram introduzidas voluntária ou involuntariamente. Essas introduções incluem variedades hortícolas e comestíveis de plantas, árvores de alto valor comercial e alimentos para animais. Elas representam grande ameaça à biodiversidade de um ecossistema, pois em ambientes que lhes são favoráveis, elas influenciam no desenvolvimento das plantas nativas (VOGEL; ZAWADZKI; METRI, 2009).

Entre as características que ampliam o potencial de invasão de uma planta estão: a produção de sementes pequenas e em grande quantidade, dispersas pelo vento; o crescimento rápido; a maturação precoce; a reprodução também por brotação; a floração e a frutificação mais longas; o pioneirismo (invasão rápida em áreas abertas); a adaptação a áreas degradadas; a eficiência reprodutiva; a tolerância a solos de baixa fertilidade, encharcados ou áridos; e a liberação de toxinas capazes de impedir o crescimento de outras plantas nas imediações (alelopatia) (ZILLER, 2001).

O Instituto Ambiental do Paraná (IAP) reconhece na Portaria nº 125, de 7 de agosto de 2009, a lista oficial de espécies exóticas invasoras para o estado (IAP, 2009).

Cunha, Fernandes e Silva (2013) citam que dentre as espécies com maior potencial de prejuízos ambientais e entre as cem espécies mais invasoras do planeta está a *Leucaena leucocephala*, conhecida popularmente como leucena. Na região norte do Paraná, essa espécie é encontrada com frequência nos córregos urbanos e na vegetação ciliar.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Maringá está localizado no noroeste do estado do Paraná, a aproximadamente 427 km da capital, Curitiba. A área territorial do município é igual a 487,052 km², população residente de 357.077 pessoas e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) igual a 0,808 (IBGE, 2010).

O Plano Diretor de Maringá, Lei nº 632/06 (PREFEITURA DE MARINGÁ, 2006), delimita, dentro da área do município, o perímetro urbano da cidade, com área de aproximadamente 136 km².

O crescimento populacional em Maringá mostrou-se maior que os crescimentos médios constatados no Paraná e no Brasil, no período de 1991 a 2010 (IBGE, 2010), conforme apresentado na Tabela 1.

O município em questão apresenta várias nascentes em seu perímetro urbano, que dão origem a córregos e ribeirões, como pode ser visto na Figura 1. O divisor de águas das bacias hidrográficas dos rios Pirapó e Ivaí corta o município no sentido noroeste-sudeste.

A Figura 2 apresenta as sub-bacias hidrográficas de dois fundos de vale que têm suas nascentes dentro do perímetro urbano de Maringá: o córrego Mandacaru, na região norte, e o córrego Betty, na região sul. São dois córregos localizados em regiões densamente urbanizadas do município, e que sofreram alterações devido à ocupação em suas sub-bacias hidrográficas. Os indicadores foram aplicados nessas duas áreas de fundos de vale.

O córrego Mandacaru é um afluente do ribeirão Maringá, tributário do rio Pirapó, o qual é responsável pelo abastecimento de água da cidade de Maringá e pertence à bacia hidrográfica do rio Paranapanema. Esse córrego está localizado entre as latitudes de 23°21'08,29"S e 23°25'45,95"S e entre as longitudes de 51°55'15,59"W e 51°57'49,57"W (SIRGAS2000), e

Tabela 1 - Crescimento populacional em Maringá, no Paraná e no Brasil.

Ano	População			Crescimento (a.a.) %		
	Maringá	Paraná	Brasil	Maringá	Paraná	Brasil
1991	240.292	8.448.713	146.825.475	-	-	-
1996	266.628	8.942.244	156.032.944	2,19	1,17	1,25
2000	288.653	9.563.458	169.799.170	2,07	1,74	2,21
2007	325.968	10.284.503	183.987.291	1,85	1,08	1,19
2010	357.077	10.444.526	190.755.799	3,18	0,52	1,23

Fonte: IBGE (2010).

drena uma área de 14,5 km², situada em sua maior parte em meio urbano, aproximadamente 85% de sua área total (NEVES & SOUZA, 2013).

O córrego Betty é um córrego que tem sua nascente localizada no setor sul do município, com aproximadamente 1.200 m de extensão até desaguar no córrego Cleópatra, ambos pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ivaí, que, por sua vez, pertence à bacia hidrográfica do rio Paranapanema. Esse córrego está localizado entre as latitudes de 23°26,310'S e 23°26,450'S e entre as longitudes de 51°57,260'W e 51°56,500'W (SIRGAS2000), e drena uma área de, aproximadamente, 2,2 km², situada totalmente em meio urbano.

METODOLOGIA

Caracterização física da sub-bacia

A caracterização física e territorial das sub-bacias hidrográficas estudadas foi realizada por meio de mapas temáticos elaborados com ferramentas do sistema de informações geográficas (SIG). O *software* SIG utilizado para a presente pesquisa foi o ArcGIS 10, que permitiu criar o modelo digital de elevação (MDE) das bacias hidrográficas para extrair os mapas de declividade e vertente.

Para conhecer a situação dos fundos de vale, como as espécies de vegetação encontradas, a existência de ocupação irregular (população ribeirinha) e a presença de resíduos sólidos, foram consultados estudos e artigos publicados sobre a área em questão (PETSCH, 2014; PEREIRA *et al.*, 2014; SCHNEIDER *et al.*, 2011; NEVES & SOUZA, 2013; MARCATTO *et al.*, 2015; AOKI *et al.*, 2010).

Procurou-se utilizar as referências bibliográficas mais recentes encontradas, para que não fossem extraídos condições e problemas que possivelmente já tenham sido resolvidos.

Para o diagnóstico das condições de uso e ocupação dos fundos de vale foram realizadas visitas nas áreas de estudo para atribuição de nota aos indicadores que não foram citados nos artigos consultados. As visitas foram utilizadas também para corroborar as informações extraídas das pesquisas consultadas, ou então para citar que algumas condições descritas já não eram as mesmas.

Definição dos indicadores

Os indicadores para avaliação da situação ambiental dos fundos de vale urbanos foram selecionados a partir da revisão de literatura, na qual foram pesquisados trabalhos já realizados sobre o assunto e temas

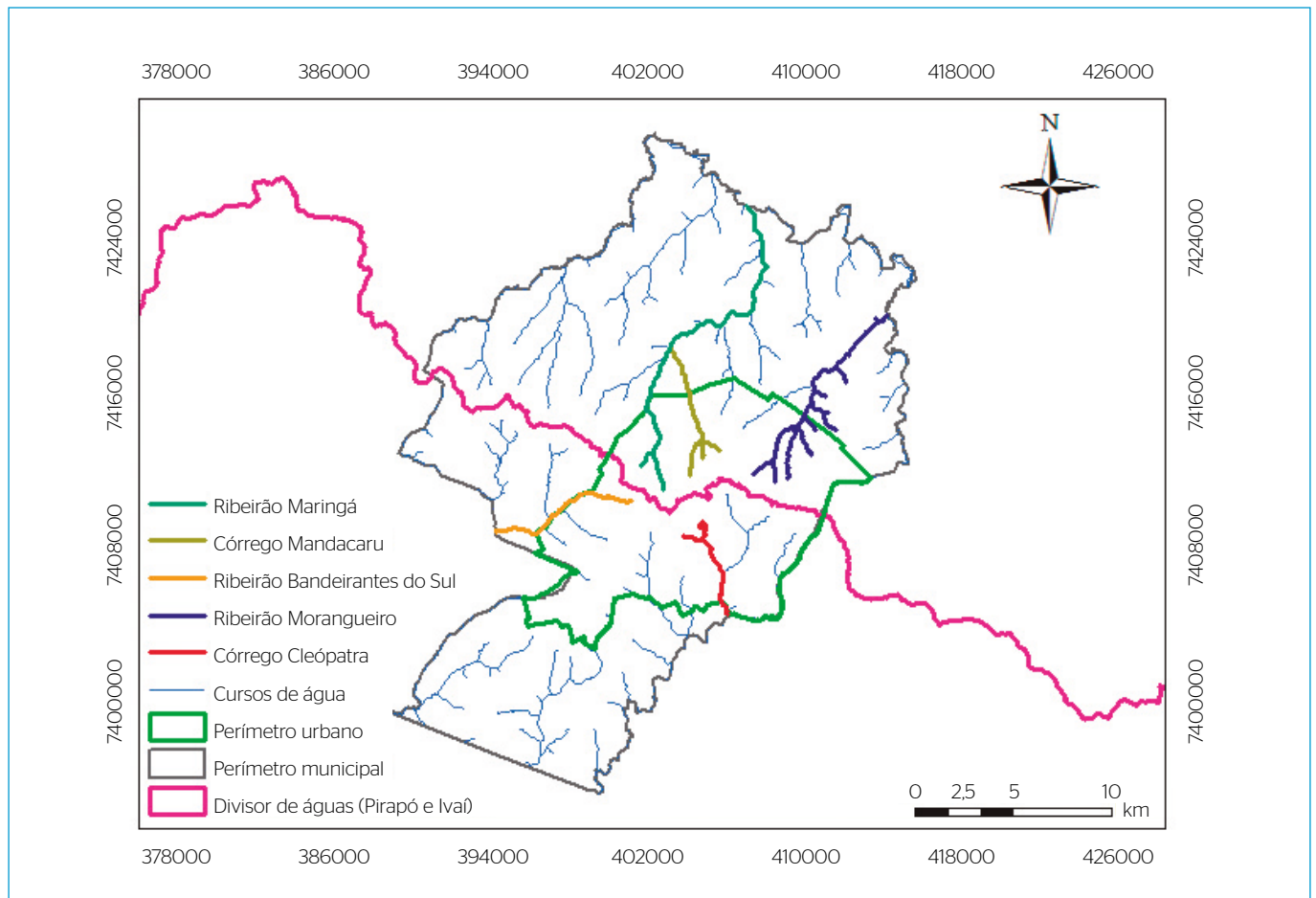


Figura 1 - Mapa dos corpos hídricos localizados no município de Maringá.

correlatos (BRASIL, 2007; 2012; BRAUD *et al.*, 2013; CHU *et al.*, 2013; CUSHMAN & GAFFNEY, 2010; HERZOG & ROSA, 2010; RIBEIRO & HELLER, 2004). Foram listados 20 indicadores.

Os indicadores foram inseridos em um questionário que foi submetido à apreciação de 30 profissionais dos municípios de Maringá e Curitiba, obtendo-se o retorno de 19 deles. O envio do questionário foi realizado via e-mail para a grande maioria, tendo sido entregue em mãos para alguns deles. Os profissionais que responderam ao questionário e sua área de atuação estão apresentados no Quadro 1.

A submissão do questionário aos profissionais ocorreu para que eles atribuíssem um peso a cada um dos indicadores propostos, que representa a sua relevância para o diagnóstico da situação ambiental de fundos de vale urbanos. O valor dos pesos e sua significância para o tema avaliado estão apresentados na Tabela 2, proposta pelos autores.

No questionário constavam também espaços para serem preenchidos com sugestões de novos indicadores, parâmetros que deveriam ser removidos e demais observações que julgassem necessárias.

Os resultados dos questionários foram utilizados para gerar pesos relativos a cada indicador, fazendo-se uma média aritmética dos pesos atribuídos pelos profissionais.

Quadro 1 - Profissionais que responderam ao questionário e sua área de atuação.

Contagem	Formação	Área de atuação
4	Engenharia civil	Empresa privada de projetos de engenharia e/ou saneamento
1	Engenharia civil	Serviço público municipal
6	Engenharia civil	Serviço público estadual
1	Engenharia civil	Serviço público federal
1	Engenharia civil	Professor do ensino superior
1	Biologia	Serviço público municipal
1	Biologia	Serviço público estadual
1	Geografia	Serviço público municipal
2	Arquitetura	Serviço público municipal
1	Engenharia ambiental	Professor do ensino superior

Tabela 2 - Ponderação do nível de significância.

Peso	Nível de significância
1	Baixa ou nenhuma
3	Média
5	Alta

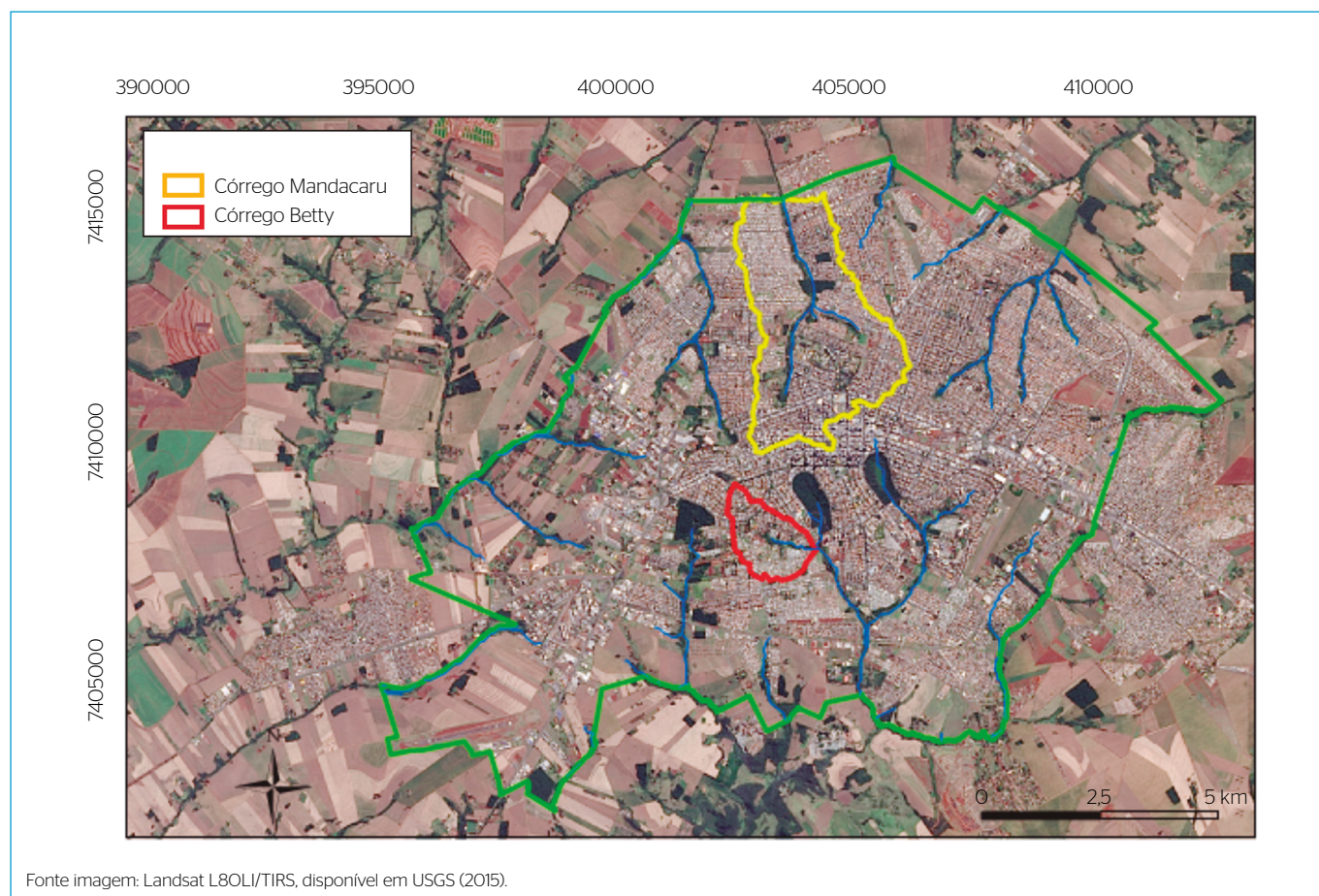


Figura 2 - Delimitação das sub-bacias hidrográficas dos fundos de vale estudados.

A consulta de diferentes profissionais para atribuição de peso aos indicadores pré-selecionados é baseada no Método Delphi, desenvolvido em 1950 nos Estados Unidos pela Força Aérea Americana, para buscar um consenso sobre determinado assunto.

A metodologia consiste na aplicação de questionários a um grupo de especialistas, repetidas vezes, até que se obtenha uma opinião comum sobre determinado assunto. O questionário elaborado a princípio é enviado a um grupo de especialistas na área de conhecimento em que se pretende discutir o tema. Após preenchidos, eles são devolvidos para uma reestruturação e desenvolvimento de um novo questionário com base nas observações para subsidiar nova avaliação a ser feita pelo grupo de especialistas. Dessa forma, cada participante tem ao menos uma oportunidade para rever suas opiniões individuais com base na opinião do grupo (RIBEIRO & HELLER, 2004).

A consulta de diversos profissionais, que atuam em diferentes órgãos gestores e empresas privadas, possibilita um processo de comunicação entre um grupo de indivíduos a respeito de questões complexas.

Aplicação dos indicadores

O questionário proposto foi preenchido com notas que representaram a situação do fundo de vale em relação a cada indicador. Foi inserido no questionário uma coluna com instruções para atribuição de nota.

As notas são valores que podem variar de 0 a 1, representando 0 e 100% de atendimento ao item, respectivamente. Posteriormente, essas notas foram multiplicadas pelo peso relativo a cada indicador, compondo a coluna de resultados.

Índice da condição ambiental do fundo de vale

Por fim, foi calculada a porcentagem de atendimento aos indicadores ou índice da situação ambiental do fundo de vale (I), como mostra a Equação 1:

$$I(\%) = \frac{\sum \text{resultados}}{\sum \text{pesos}} \quad (1)$$

Os índices (I) calculados foram analisados segundo a Tabela 3, também proposta pelos autores, para classificar a situação do fundo de vale em: ótima, boa, intermediária, ruim ou péssima/crítica. Os resultados sugerem uma avaliação preliminar dos fundos de vale estudados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coluna de pesos foi obtida calculando-se a média dos pesos atribuídos pelos profissionais consultados a cada indicador (1, 3 ou 5). Os pesos obtidos e as instruções para atribuição de notas na aplicação do questionário a um fundo de vale estudado estão apresentados no Quadro 2. As notas são valores que podem variar de 0 a 1, representando 0 e 100% de atendimento ao item, respectivamente.

Estudos de caso nos córregos Mandacaru e Betty

Os indicadores foram pontuados de acordo com a revisão bibliográfica e as visitas realizadas na área de estudo. Os resultados estão apresentados no Quadro 3.

Índice da situação ambiental de fundos de vale (I)

O cálculo do índice I para os córregos Mandacaru e Betty estão apresentados a seguir, de acordo com a Equação 1, respectivamente (Equações 2 e 3).

$$I_M(\%) = \frac{29,75}{82,91} = 35,88\% \quad (2)$$

$$I_B(\%) = \frac{35,82}{82,91} = 43,20\% \quad (3)$$

DISCUSSÃO

Os indicadores propostos para avaliar áreas de fundos de vale dos córregos Mandacaru e Betty foram atendidos em 35,88 e 43,20%, respectivamente. De acordo com a Tabela 3, as áreas se encontram em situação classificada como ruim.

Aproximadamente 30% das notas que compõem o índice são devido à legislação municipal e a atividades voltadas aos serviços de saneamento básico, em especial relacionado à drenagem urbana. Como o município não possui Plano Diretor de Drenagem Urbana, Manual de Drenagem para projetistas, incentivo ao uso de técnicas compensatórias que favoreçam a infiltração do escoamento pluvial (LID) e legislação para descarga de novos empreendimentos na rede de drenagem urbana, os córregos apresentaram nota zero nesses indicadores, o que comprometeu o índice final. Alguns entrevistados sugeriram a retirada desses indicadores e a manutenção apenas do indicador Plano Diretor de Drenagem Urbana, entendendo-se que o plano conteria informações sobre os demais indicadores (Manual de drenagem, LID, descarga pluvial).

Tabela 3 – Situação do fundo de vale de acordo com o atendimento aos indicadores propostos.

Situação do fundo de vale	Índice da situação ambiental de fundos de vale (I) (%)
Ótima	85-100
Boa	70-85
Intermediária	50-70
Ruim	25-50
Péssima ou crítica	0-25

As áreas de fundo de vale dos córregos se apresentaram em situação semelhante, com erosão em camadas laminares e alguns sulcos, ocasionados provavelmente devido ao grande volume de escoamento

superficial que chega a essas áreas. Na bacia do córrego Mandacaru, os processos erosivos se mostraram mais acentuados, provavelmente devido à maior área de captação de precipitação e à maior declividade da bacia.

Quadro 2 – Pesos médios atribuídos pelos profissionais consultados.

Item	Indicador	Peso	Instruções para atribuição de nota
1	Plano Municipal de Saneamento Básico	4,47	$\left(\frac{\text{módulos concluídos}}{4} \right)$
2	Plano Diretor de Drenagem Urbana	4,68	(0) não existe (1) existe
3	Manual de Drenagem para projetistas	3,63	(0) não existe (1) existe
4	Limpeza do Sistema de Drenagem Urbana	4,56	(0) não ocorre (0,5) limpeza corretiva (1) limpeza preventiva
5	Incentivo ao uso de técnicas compensatórias que favoreçam a infiltração do escoamento pluvial (LID)	4,26	(0) não existe (0,5) incentivo social (1) incentivo social e financeiro
6	Legislação para descarga de novos empreendimentos na rede de drenagem urbana	4,44	(0) não existe (1) existe
7	Diversidade da vegetação ciliar	5,00	$\left(\frac{\text{espécies não exóticas invasoras}}{\text{total espécies analisadas}} \right)$
8	APP	4,89	$\left(\frac{\text{largura média}}{\text{largura solicitada por lei}} \right)$ Obs. Se result. >1, utilizar 1.
9	Ausência de erosão	4,68	(0) voçorocas (0,3) ravinas (0,7) sulcos (1) laminar ou não constatada
10	Ausência de assoreamento	4,79	(0) constatado (1) não constatado
11	Ausência de resíduos sólidos	4,58	(0) perigosos (0,5) não perigosos (1) não constatado
12	Ausência de despejo de esgoto sanitário	4,68	(0) proliferação de vetores, água cinza, mau cheiro, espuma (0,5) mau cheiro (1,0) não constatado
13	Existência de dissipador de energia nos pontos de descarga da drenagem urbana	4,47	$\left(\frac{\text{total dissipadores}}{\text{total descargas}} \right)$
14	Existência de parque linear	3,42	$\left(\frac{\text{perímetro com parque linear}}{\text{perímetro total}} \right)$
15	Existência de mobiliário urbano	2,89	(0) não existe (1) existe
16	Existência de cercas/afastamento	3,11	$\left(\frac{\text{extensão cerca}}{\text{perímetro total}} \right)$
17	Existência de população ribeirinha	3,56	(0) presente (1) ausente
18	Existência de lixeiras	3,74	(0) não existem (1) existem
19	Existência de placas educativas	3,11	(0) não existem (1) existem
20	Promoção de palestras/concursos sobre educação ambiental	3,95	(0) não existem (1) existem
	Σ Pesos	82,91	

LID: low impact development; APP: área de preservação permanente.

O córrego Betty apresentou melhores condições em relação ao Mandacaru devido à ausência de alguns itens analisados: resíduos sólidos, despejo de esgotos sanitários e população ribeirinha. Acredita-se que esses resultados são devido à bacia hidrográfica do córrego Betty estar localizada em uma área com menor densidade de urbanização em relação ao Mandacaru.

Por outro lado, ao longo do córrego Mandacaru foram encontrados mobiliário urbano (academias da primeira e da terceira idade, bancos, mesas), maior extensão de cerca e algumas placas educativas. Acredita-se que o maior número de habitantes nas proximidades desse córrego incentivou maiores investimentos da Prefeitura.

A vegetação ciliar de ambos os córregos está ocupada com cerca de 50% de espécies invasoras exóticas. A faixa destinada à preservação

permanente em ambos os córregos foi respeitada, porém não há parque linear ao redor dos córregos, nem mesmo na faixa da via paisagística.

Pode-se inferir que o poder público tem agido em prol de melhorias ambientais nas áreas de fundos de vale urbanos, como replantio de mudas nativas, observado no córrego Betty, e substituição de cercas velhas por novos alambrados, no córrego Mandacaru.

Ainda assim, foi possível perceber que algumas situações encontradas nos fundos de vale são antigas e ainda não solucionadas, como a descarga da drenagem urbana nos córregos em emissários pluviais desmontados e dissipadores de energia, que se deslocaram das margens. Pode-se incluir ainda a existência de população ribeirinha no córrego Mandacaru, o que coloca a população e o ecossistema em risco, por exemplo, devido ao descarte inadequado de resíduos sólidos e líquidos, dentre outros.

Quadro 3 - Resultado da aplicação dos indicadores nos córregos Mandacaru e Betty.

Item	Indicador	Peso	Mandacaru		Betty	
			Nota	Resultado*	Nota	Resultado*
1	Plano Municipal de Saneamento Básico	4,47	0,75	3,36	0,75	3,36
2	Plano Diretor de Drenagem Urbana	4,68	0	0,00	0	0,00
3	Manual de Drenagem para projetistas	3,63	0,5	1,82	0,5	1,82
4	Limpeza do Sistema de Drenagem Urbana	4,56	0,5	2,28	0,5	2,28
5	Incentivo ao uso de técnicas compensatórias que favoreçam a infiltração do escoamento pluvial (LID)	4,26	0	0,00	0	0,00
6	Legislação para descarga de novos empreendimentos na rede de drenagem urbana	4,44	0	0,00	0	0,00
7	Diversidade da vegetação ciliar	5,00	0,57	2,86	0,50	2,50
8	APP	4,89	1	4,89	1	4,89
9	Erosão	4,68	0,7	3,28	0,7	3,28
10	Assoreamento	4,79	0	0,00	0	0,00
11	Resíduos sólidos	4,58	0,5	2,29	1	4,58
12	Despejo de esgoto sanitário	4,68	0,5	2,34	1	4,68
13	Dissipador de energia nos pontos de descarga da drenagem urbana	4,47	0,38	1,68	1	4,47
14	Parque linear	3,42	0	0,00	0	0,00
15	Mobiliário urbano	2,89	0,33	0,95	0	0,00
16	Cercas/afastamento	3,11	0,41	1,28	0,13	0,41
17	População ribeirinha	3,56	0,33	1,17	1	3,56
18	Lixeiras	3,74	0	0,00	0	0,00
19	Placas educativas	3,11	0,5	1,55	0	0,00
20	Palestras/concursos sobre educação ambiental	3,95	0	0,00	0	0,00
*Resultado=Peso × Nota		Σ Pesos	Σ R	29,75	Σ R	35,82

LID: *low impact development*; APP: área de preservação permanente.

Como medidas mitigadoras ou corretivas que poderiam ser aplicadas nas áreas de estudo é proposto o replantio de espécies vegetais na área de vegetação permanente, reduzindo assim a ocorrência de processos erosivos e de assoreamento, além de contribuir com a retenção de resíduos e sedimentos que atingem o curso d'água. Na bacia hidrográfica, medidas compensatórias poderiam ser implantadas, buscando-se reter uma maior parte do escoamento superficial.

CONCLUSÕES

Os indicadores selecionados para avaliação dos fundos de vale urbanos foram bem aceitos pelos profissionais consultados, que sugeriram poucas modificações. Ainda assim, uma nova versão do questionário poderia inserir novos indicadores sugeridos, como a avaliação da declividade da bacia hidrográfica e as classes de solo existentes.

A aplicação do questionário nas áreas de fundo de vale dos córregos Mandacaru e Betty resultou em dois índices de atendimento aos indicadores propostos, o que classificou as áreas em situação ruim.

Inferese que a condição ambiental dos fundos de vale pode ser resultante de alguns fatores, como a inexistência de documentos para serviços de saneamento básico; a falta de sensibilização de parte da população, que descarta resíduos sólidos e líquidos de maneira inadequada nos fundos de vale estudados e ocupa as margens de alguns corpos hídricos; a impermeabilização das bacias hidrográficas, o que eleva o volume de escoamento superficial e, conseqüentemente, acelera os processos erosivos em fundos de vale, dentre outros.

A promoção de palestras e cursos sobre educação ambiental, ainda que seja apenas parte desse processo em uma sociedade, é fundamental para que a população possa valorizar áreas verdes fragmentadas no meio urbano. A partir daí, a criação de parques lineares, mobiliário urbano e áreas de vivência nas adjacências dos fundos de vale poderão ser efetivamente utilizados da forma que se espera.

REFERÊNCIAS

- AFINI JR., B. (1973) Fundos de vale. *Revista DAE*, v. 33, n. 90, p. 37-58.
- AMORIM, L.M.; CORDEIRO, J.S. (2004) Impactos ambientais provocados pela ocupação antrópica de fundos de vale. In: ASSOCIAÇÃO INTERAMERICANA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (AIDIS). *Forjando el Ambiente que Compartimos*. San Juan: AIDIS. p. 1-16.
- ANDRADE, L.M.S.; ROMERO, M.A.B. (2005) A importância das áreas ambientalmente protegidas nas cidades. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 11., 2005. *Anais...* Salvador: ANPUR. p. 1-20.
- AOKI, A.; VIEIRA, G.F.; GOMES, M.F.; SOUSA, P.; GOMES, V. (2010) Caracterização socioambiental do córrego Betty: estudo de caso para a cidade de Maringá - PR. *Revista Percurso*, v. 2, n. 2, p. 3-20. <http://dx.doi.org/10.4025/revpercurso.v2i2.9871>
- BRASIL. (2007) Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 10 maio 2015.
- _____. (2012) Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 3 maio 2015.
- _____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (RECESA). (2013) *Planos municipais de saneamento básico*. Brasília. 366 p.
- BRAUD, I.; BREIL, P.; THOLLET, F.; LAGOUY, M.; BRANGER, F.; JACQUEMINET, C.; KERMADI, S.; MICHEL, K. (2013) Evidence of the impact of urbanization on the hydrological regime of a medium-sized periurban catchment in France. *Journal of Hydrology*, v. 485, p. 5-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.04.049>
- CHU, M.L.; KNOUFT, J.H.; GHULAM, A.; GUZMAN, J.A.; PAN, Z. (2013) Impacts of urbanization on river flow frequency: A controlled experimental modeling-based evaluation approach. *Journal of Hydrology*, v. 495, p. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.04.051>
- CUNHA, F.R.P.; FERNANDES, A.; SILVA, H.P. (2013) A dispersão da *Leucaena leucocephala* (LAM.) de WIT. nos córregos urbanos de Maringá (PR). *Arquivos do Museu Dinâmico Interdisciplinar*, v. 17, n. 1, p. 3-4. <http://dx.doi.org/10.4025/arqmudi.v17i1.23152>
- CUSHMAN, J.H.; GAFFNEY, K.A. (2010) Community-level consequences of invasion: impacts of exotic clonal plants on riparian vegetation. *Biol Invasions*, v. 12, n. 8, p. 2765-2776. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9682-2>
- FINDLAY, S.J.; TAYLOR, M.P. (2006) Why rehabilitate urban river systems? *Journal Royal Geographical Society*, v. 38, n. 3, p. 312-325. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2006.00696.x>

- HERZOG, C.P.; ROSA, L.Z. (2010) Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. *Revista LABVERDE*, v. 1, n. 1, p. 92-115. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v01p92-115>
- HOOD, W.G.; NAIMAN, R.J. (2000) Vulnerability of riparian zones to invasion by exotic vascular plants. *Plant Ecology*, v. 148, n. 1, p. 105-114. <https://doi.org/10.1023/A:1009800327334>
- INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). (2009) *Portaria IAP nº 125, de 7 de agosto de 2009*. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/PORTARIAS/PORTARIA_IAP_125_2009_ESPECIES_EXOTICAS.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2010) *Censo*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: jan. 2016.
- INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS (IPH). (2005) *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre: Manual de Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Prefeitura de Porto Alegre. v. 6.
- JACOBSON, C. (2011) Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments: a review. *Journal of Environmental Management*, v. 92, p. 1438-1448. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.01.018>
- MARCATTO, F.S.A.; NIGRO, G.; BUENO, R.H.; PERIÇATO, A.J. (2015) Diagnóstico fitogeográfico e subsídios a conservação e recuperação da bacia hidrográfica do córrego Mandacaru, Maringá-PR. *Revista Científica ANAP Brasil*, v. 8, n. 11, p. 79-96. <http://dx.doi.org/10.17271/1984324081120151129>
- NASCIMENTO, N.O.; HELLER, L. (2005) Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. *Engenharia sanitária e ambiental*, v. 10, n. 1, p. 36-48.
- NEVES, P.D.M.; SOUZA, M.L. (2013) Caracterização geoambiental da área de preservação permanente das nascentes do curso superior da bacia do córrego Mandacaru do município de Maringá-PR: aspectos legais. *Geo UERJ*, ano 15, v. 1, n. 24, p. 386-406. <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2013.6920>
- PELLEGRINO, P.R.M.; GUEDES, P.P.; PIRILLO, F.C.; FERNANDES, S.A. (2006) A paisagem da borda: uma estratégia para a condução das águas, da biodiversidade e das pessoas. In: COSTA, L.M.S.A. *Rios e paisagens urbanas em cidades brasileiras*. Rio de Janeiro: Viana & Mosley/Ed. PROURB. p. 57-76.
- PEREIRA, P.P.; BERBERT, A.; SANCHES, D.M.; MARTINS FILHO, S.T.; OKAWA, C.M.P.; PAREDES, E.A.; MARTINS, C.H. (2014) Caracterização Física do Córrego Mandacaru, Maringá-PR. *UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 13, n. 1, p. 29-34.
- PETSCH, C. (2014) Aspectos da evolução da impermeabilização na bacia do córrego Mandacaru, Maringá-PR. *Revista GeoAmazônia*, v. 1, n. 2, p. 42-58. <https://doi.org/10.17551/2358-1778/geoamazonia>
- PREFEITURA DE MARINGÁ. (2006) Lei nº 632/06 de 06 de outubro de 2006. *Lex: cria o Plano Diretor do município de Maringá*. Maringá.
- REIS, R.F.; ZEILHOFER, P. (2005) Os fundos de vale sob a ótica do estatuto da cidade: constatações prementes e o resgate possível. *Geografia*, Londrina, v. 14, n. 2, p. 157-172. <http://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2005v14n2p157>
- RIBEIRO, J.C.J.; HELLER, L. (2004) Indicadores ambientais para países em desenvolvimento. In: SIMPÓSIO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 29., 2004. *Anais...* p. 1-22.
- RICHARDSON, D.M.; HOLMES, P.M.; ESLER, K.J.; GALATOWITSCH, S.M.; STROMBERG, J.C.; KIRKMAN, S.P.; PYSEK, P.; HOBBS, R.J. (2007) Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and Distributions*, v. 13, n. 1, p. 126-139. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2006.00314.x>
- SCHNEIDER, R.M.; FREIRE, R.; COSSICH, E.S.; SOARES, P.F.; FREITAS, F.H.; TAVARES, C.R.G. (2011) Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia hidrográfica do rio Pirapó. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 33, n. 3, p. 295-303. <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i3.8385>
- TUCCI, C.E.M. (2008) Gestão integrada das águas urbanas. *REGA*, v. 5, n. 2, p. 71-81.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Imagens de satélite. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov>>. Acesso em: 01 jun. 2015.
- VOGEL, H.F.; ZAWADZKI, C.H.; METRI, R. (2009) Florestas ripárias: importância e principais ameaças. *Saúde e Biologia*, v. 4, n. 1, p. 24-30.
- ZILLER, S.R. (2001) Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. *Ciência Hoje*, v. 30, n. 178, p. 77-79.