

Critérios de desempenho aplicados às obras hidráulicas fluviais e de macrodrenagem urbana

Executadas nos leitos do Ribeirão dos Meninos

BRUNA LORO FERRAZ*, PEDRO JOSÉ DA SILVA**

Uma bacia hidrográfica é formada por duas porções - biogeofísica e sócio-econômico-cultural - e o homem tenta mantê-las sob seu domínio. A ocupação e o uso da porção física do meio são responsáveis por inúmeros impactos ambientais. Esses impactos, que ocorrem nos trechos urbanos dos rios, se elevam quando ocorre ocupação desordenada. Qualquer intervenção de engenharia, visando à execução de obras hidráulicas fluviais, exige um estudo preliminar da bacia. Este trabalho tem por objetivo identificar e classificar as obras hidráulicas fluviais e de macrodrenagem urbana executadas nos leitos do Ribeirão dos Meninos, em específico no trecho em frente ao Campus da Mauá, em São Caetano do Sul, até o ponto de encontro com Rio Tamanduateí. A metodologia fundamenta-se em estudo descritivo, de levantamento, pois consiste em observar e registrar eventos que ocorrem em um determinado espaço - identificado como Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Meninos, caracterizando, então, um Estudo de Caso - e buscar relações de temporalidade ou correlação entre os fenômenos observados. Destacam-se como resultados: o desenvolvimento de Critérios de Desempenho a partir do uso das Planilhas Ambientais, Silva (2004), classificando aquelas obras em Producente e Contraproducente, e uma nova proposta de Classificação de Obras Hidráulicas Fluviais

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano, na maior parte das metrópoles, se processou de forma acelerada e, somente em algumas, a drenagem urbana foi considerada fator preponderante na elaboração de projetos que consideraram esta expansão. Tem-se como efeito direto deste crescimento o aumento das áreas impermeabilizadas e, conseqüentemente as vazões afluentes aos receptores originais, aumentam devido à redução dos tempos de concentração. Este aumento faz-se verificar nas zonas de menor cota, próximas às várzeas



Figura 1 - Estirão do Ribeirão dos Meninos, encaixado entre as avenidas Guido Aliberti e Lauro Gomes (Fonte - Arquivo dos autores, 2015)

dos rios, e nas cidades litorâneas acrescenta-se à região beira-mar.

Nas últimas décadas as várzeas dos rios, consideradas como o leito maior ou de cheia, passaram a ser incorporadas ao sistema viário, por meio das denominadas vias de fundo de vale. Tal ação fez com que inúmeros cursos de água viessem a receber uma intervenção de engenharia em menor ou maior grau e intensidade, direta ou indiretamente, o que resultou em obras hidráulicas fluviais, tais como a retificação e canalização a céu aberto. Em alguns casos os cursos de água foram encerrados em galerias, de modo a permitir a construção de vias marginais sobre as antigas alças dos meandros.

As obras hidráulicas fluviais, entendidas como solução para muitos problemas, de um modo geral, atualmente, apresentam caráter localizado. Os trechos dos cursos de água que receberam obras hidráulicas fluviais, aqui e acolá, reduzem o prejuízo das áreas afetadas, mas, por causa da transferência de vazões, verifica-se que as inundações são agravadas à jusante, uma vez que a drenagem urbana é na sua essência uma questão de "alocação de espaços". Em síntese a utilização de uma parcela dos leitos dos rios agora é possível devido à execução das obras hidráulicas fluviais, porém consideradas contraproducentes, pois em muitos casos transferem

a inundações de uma zona para outra, em geral a jusante.

As vias de fundo de vale, bem como as áreas circundantes, com o passar do tempo, atraem intensa ocupação. A ampliação dos sistemas de drenagem existentes nesses locais torna-se impraticável, pois algumas das viabilidades/sustentabilidades técnica, econômica, financeira, política, jurídica, social e ambiental; ou mesmo domínios de estudo econômico, sociocultural, saúde, ecologia/ambiental, direito, relações internacionais - ou ainda dimensões social, ambiental e econômica não podem ser atendidas. Os motivos desse não atendimento passam pelos altos custos sociais envolvidos e pelos elevados investimentos necessários à implantação de obras hidráulicas fluviais de grande porte. Em alguns cenários, devido ao alto custo ou mesmo devido à impossibilidade de desapropriação de áreas ribeirinhas, bem como pela necessidade de interrupção de tráfego, a solução requer a utilização de métodos executivos sofisticados e, portanto, de alto custo.

Frente ao cenário apresentado, a engenharia urbana viabiliza a aplicação de conceitos inovadores mais adequados aos sistemas de drenagem promovendo o retardamento dos escoamentos, de forma a propiciar o aumento dos tempos de concentração e a conseqüente redução nas vazões máximas. Tam-

bém como amortecer os picos e reduzir os volumes de enchentes por meio da retenção em reservatórios, e ainda, conter tanto quanto possível o run-off no local da precipitação, pela melhoria das condições de infiltração, ou ainda em tanques de contenção.

LOCAL DE ESTUDO

Local onde se desenvolve a vida dos homens, animais, plantas ou microrganismos, em estreita relação com um conjunto de circunstâncias externas, que se caracterizam não só pelas propriedades físicas, químicas, biológicas desse local, mas também por outros fatores que regem a vida, como os relacionados às associações dos seres vivos (em geral e particularmente dos seres humanos), tais como aspectos de ordem cultural, legal e outros. Entendido nesta pesquisa como o meio ambiente formado pela bacia hidrográfica do Ribeirão dos Meninos.

O meio ambiente que constitui a bacia hidrográfica do Ribeirão dos Meninos é composto por duas porções, uma biogeofísica e outra sócio-econômico-cultural. Embora o homem seja parte destas porções, normalmente coloca-se como se não o fosse e continuamente tenta mantê-las sobre seu domínio.

O Ribeirão dos Meninos nasce no Parque Terra Nova II, atrás da montadora Volkswagen, em São Bernardo, corre entubado sob o corredor do trólebus por todo o centro da cidade e a céu aberto a partir do Paço Municipal, fazendo divisa entre São Bernardo e Santo André; São Bernardo e São Caetano; São Caetano e São Paulo, desaguando no Rio Tamanduateí, no bairro da Fundação, em São Caetano.

O trecho do referido ribeirão a ser abordado neste estudo é aquele que cobre a fachada do Instituto Mauá de Tecnologia voltada para a Avenida Guido Aliberti até o seu desague no Rio Tamanduateí (ver figura 1). Verifica-se, não só neste trecho, mas em toda extensão, que o curso de água deixou de ser natural, pois se encontra encaixado entre as avenidas Guido Aliberti e Lauro Gomes. Este cenário resulta em alterações no traçado geométrico e principalmente nas curvas.

Os recursos naturais apresentados na bacia hidrográfica são finitos e o entendimento das suas limitações dentro do domínio econômico (juros altos, prazos curtos, financiamentos viciosos, arrendamentos por períodos breves, maus salários), dentro do domínio físico (solos, topografia, precipitações, estiagens e ventos) e dentro do domínio social (estado de educação

da população, relações entre o homem e a terra, densidade demográfica, uso e posse da terra) são parâmetros que nos permitem identificar o bom ou mau uso dos recursos naturais, segundo Vink (1975).

DELINEAMENTO DO LOCAL DE ESTUDO

O Ribeirão dos Meninos situa-se a leste-sudoeste do município de São Paulo e está inserido na região do ABC Paulista, nos municípios de São Bernardo do Campo, Santo André e São Caetano. É afluente da margem esquerda do Rio Tamanduateí, possuindo uma área de drenagem total de 112 km², em sua maior parte urbanizada. Antes de desembocar no Rio Tamanduateí, recebe as águas do Ribeirão dos Couros, cuja área de drenagem é de cerca de 48 km². A área de drenagem da bacia superior do Ribeirão dos Meninos, abrangendo desde suas nascentes até o ponto de confluência com o Ribeirão dos Couros, é de cerca de 51 km² (São Paulo, 1999). Esta última área corresponde àquela inserida no município de São Bernardo.

OBRAS HIDRÁULICAS FLUVIAIS EXECUTADAS NOS LEITOS DOS CURSOS DE ÁGUA

Sabemos que em dado momento, um número fantásticamente grande de fatores podem estar determinando um fenômeno. Porém, em qualquer pesquisa torna-se necessário controlar todas as outras variáveis. Se isso fosse possível, poderíamos concluir que uma mudança na Variável Dependente-Impacto Ambiental, seria devido apenas a nossa Variável Independente-Bacia Hidrográfica.

A minimização da interferência das variáveis estranhas na pesquisa poderá ser obtida a partir da identificação de quais variáveis estranhas podem estar presentes na situação de pesquisa, isto é, quais variáveis deveriam ser controladas.

As variáveis estranhas que convergem simultaneamente para a Variável Independente e para a Variável Dependente são identificadas neste trabalho como "Variável Controlada", sendo a referida variável as obras hidráulicas fluviais executadas e/ou passíveis de serem executadas nos leitos do Ribeirão dos Meninos.

As obras hidráulicas fluviais serão entendidas como sendo aquelas necessárias aos diferentes usos dos diferentes leitos do curso de água, exigindo uma intervenção direta ou indireta no referido curso. Neste trabalho serão adotadas as seguintes classificações, referentes aos tipos de obras hidráulicas fluviais, a saber:

CLASSIFICAÇÃO DE VAN RAALTEN

Genericamente, existem quatro tipos de obras hidroviárias, de acordo com Van Raalten (1981) apud Camargo Junior (2000), sendo elas: obras simples; obras de fixação do leito e proteção de estruturas; obras de regularização de vazão; obras de canalização.

CLASSIFICAÇÃO DE SILVA (2014)

Adequando-se a classificação de Van Raalten, a realidade brasileira, adotaremos neste projeto de pesquisa a seguinte classificação, a saber: Gerais ou de Normalização (desobstrução e limpeza; limitação dos leitos de inundações; fechamento de braços secundários; proteção das margens); Retificação de Rios Meandrente; Regularização dos Leitos; Derrocamento; Dragagem; Canais Artificiais; Obras de Canalização dos Cursos de Água.

OBRAS DE MACRODRENAGEM EM ÁREAS AFETADAS PELA URBANIZAÇÃO

Na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Meninos verifica-se que à medida que vazões afluentes aos receptores originais aumentaram devido à redução dos tempos de concentração, resulta, então, a necessidade de intervenções de engenharia, em menor ou maior grau de intensidade, direta ou indiretamente na rede de drenagem urbana natural, localizada nos talvegues e vales. Estas intervenções dão origem às estruturas de macrodrenagem, quais sejam: construções de canais revestidos, ou não, com maior capacidade de transporte, se comparado ao canal natural, e as bacias de detenção.

MEDIDAS NÃO CONVENCIONAIS DE DRENAGEM URBANA

São as medidas cuja utilização ainda não se encontram disseminadas e diferem do conceito tradicional de canalização, mas podem estar associadas a ela, para beneficiamento do sistema de drenagem. As principais medidas são: infiltração e percolação; retenção de escoamentos; aumento de eficiência do escoamento através de condutos e canais, drenando áreas urbanizadas inundadas; diques e estações de bombeamento (diques tipo polder).

Aplicações de soluções não convencionais - Detenção dos escoamentos; contenção na fonte (disposição no local; métodos dispersivos; métodos em poços); controle de entrada (controle nos telhados; controle de áreas impermeabilizadas).

DETENÇÃO “IN SITU”

As obras de detenção “in situ” compreendem os reservatórios implantados para controlar áreas urbanizadas restritas, como condomínios restritos, loteamentos e distritos industriais.

Segundo Canholi (2005) apud Urbonas (1993) é desaconselhável a multiplicação de bacias de detenção em virtude das dificuldades e custos de inspeção, operação e manutenção – e das próprias incertezas quanto à real eficiência hidráulica desses sistemas, visto que em certos casos pode ocorrer o resultado inverso do pretendido, ou seja, a ampliação dos picos de vazão.

DETENÇÃO A JUSANTE

As estruturas de detenção dos deflúvios situados a jusante visam controlar os escoamentos no âmbito das bacias ou sub-bacias de drenagem. A reservação dos valores escoados permite a obtenção do amortecimento dos picos de enchente.

No Brasil, a detenção a jusante é uma prática bastante difundida, dado o grande desenvolvimento das obras de geração de energia hidráulica, com a existência de inúmeros reservatórios de uso múltiplo.

As obras de reservação podem ser diferenciadas em: bacias de retenção; bacias de detenção; bacias de sedimentação.

As obras de reservação podem ser do tipo:

Reservatório ON-LINE – São os que se encontram na linha principal do sistema e restituem os escoamentos de forma atenuada e retardada ao sistema de drenagem de maneira contínua, normalmente por gravidade. **Reservatório OFF-LINE** – são aqueles que se encontram fora da linha do sistema, isto é, retendo os volumes de água que são desviados da rede de drenagem principal quando ocorre à cheia e os restitui para o sistema, geralmente por bombeamento ou por válvulas controladas, depois de obtido o alívio nos picos de vazão.

POLDERS

São sistemas compostos por diques de proteção, redes de drenagem e sistemas de bombeamento, visam a proteger áreas ribeirinhas ou litorâneas, fundos de vale laterais a rios, canais que se encontram em cotas inferiores às dos níveis de água, que ocorrem durante os períodos de chuva ou marés.

As áreas a serem protegidas ficam, portanto, totalmente isoladas por diques, cuja cota de coroamento é estabelecida em função dos riscos de galgamento assumidos. Protegidas as áreas do avanço das águas

externas, a drenagem interna é direcionada para o sistema de bombeamento que recalca as vazões drenadas por sobre os diques, de volta ao corpo da água.

No Brasil, a urbanização acelerada é responsável por problemas sociais e econômicos de extrema relevância. A falta de recursos técnicos e financeiros para enfrentar o estado de degradação no qual se encontram os aglomerados humanos, principalmente àqueles com população superior a 500 000 habitantes, é agravada.

Tem-se notado o crescente interesse pelo aperfeiçoamento das técnicas de projeto e da verificação das estruturas de macrodrenagem.

A visão moderna acerca da problemática da drenagem urbana envolve o conceito de planejamento urbano integrado, na qual a drenagem é abordada de uma forma qualitativa e quantitativa.

OBRAS HIDRÁULICAS FLUVIAIS EXECUTADAS NO TRECHO ESTUDADO DO RIBEIRÃO DOS MENINOS

O cruzamento das informações teóricas, isto é, do conhecimento das principais características de cada tipo de obra hidráulica fluvial com as informações práticas – isto é, do conhecimento real das características físicas do trecho em estudo do Ribeirão dos Meninos, nos permitiu, cientificamente, identificar quais obras hidráulicas fluviais foram executadas no trecho em estudo do leito do Ribeirão dos Meninos, as quais apresentamos a seguir:

Retificação dos meandros – A retificação de rios meandrantés consiste em melhorar os raios de curvatura do leito curvo do rio, melhorando as condições do escoamento, reduzindo o percurso para aumentar a velocidade da água, baixando o nível de água de enchentes, alterando o equilíbrio do rio. Sendo, portanto, necessária a execução de obras complementares para minimizar os impactos ambientais.

Diques – Diques são obras de engenharia hidráulica com a finalidade de manter determinadas porções de terra secas através do represamento de águas correntes por meio de “paredes” de concreto, de terra ou de enrocamento.

Piscinão – Os piscinões armazenam água tanto ao ar livre como em pátios cobertos no subsolo de áreas urbanas. Nestes dois casos, a água pode escoar por gravidade ou por bombeamento. Ajuda na prevenção de inundações, diminuindo a vazão efetiva escoada no rio e/ou regularizando o escoamento.

Polders – São sistemas compostos por di-

ques de proteção, redes de drenagem e sistemas de bombeamento. Visam proteger áreas ribeirinhas ou litorâneas, fundos de vale laterais a rios e canais que se encontram em cotas inferiores às dos níveis de água que ocorrem durante os períodos de chuva ou marés.

As áreas a serem protegidas ficam, portanto, totalmente isoladas por diques, cuja cota de coroamento é estabelecida em função dos riscos de galgamento assumidos. Protegidas as áreas do avanço das áreas externas, a drenagem interna é direcionada para o sistema de bombeamento que recalca as vazões drenadas por sobre os diques, de volta ao corpo de água.

MATERIAL E MÉTODOS

A representação de um objeto, pelo pensamento, que por meio de suas características gerais está pronto para funcionar, passa a ser considerado variável quando se adiciona a ele quantidades, qualidades, características, magnitudes etc., que se alteram em cada caso.

Neste trabalho entenderemos variável como um conceito operacional que contém ou apresenta valores, aspecto e propriedades, discerníveis em um objeto de estudo e, passível de mensuração.

VARIÁVEL INDEPENDENTE

O curso de água identificado como Ribeirão dos Meninos, quando em estado natural, durante o período de chuvas apresentava uma intervenção direta na sua bacia hidrográfica, expressa pela definição de três leitos, a saber: leito menor, leito normal e leito de cheias – que em função do crescimento/desenvolvimento do município de São Caetano do Sul passou a apresentar impactos ao meio ambiente urbano considerados adversos.

O crescimento/desenvolvimento do município de São Caetano do Sul ocasionou não somente o aumento a ocupação do leito maior ou de cheias do Ribeirão dos Meninos, mas também um grande número de alterações em algumas das partes da porção biogeofísica do meio ambiente que compõem a bacia hidrográfica do referido curso de água.

A presença, agora, de outros impactos ao meio ambiente deve-se, principalmente, à execução das obras hidráulicas fluviais na calha do Ribeirão dos Meninos. Em alguns trechos do referido curso de água identifica-se a execução de dois ou mais tipos de obras hidráulicas, o que traduz um grau maior de intervenção de engenharia, visan-

do atender a determinados objetivos.

A utilização crescente do leito do Ribeirão dos Meninos pelo município exige, proporcionalmente, um grau maior de intervenção de engenharia na bacia hidrográfica identificada nessa pesquisa como a causa do problema da pesquisa ou Variável Independente.

VARIÁVEL DEPENDENTE

O estudo das alterações, que em uma unidade inclui todos os organismos de uma determinada área, interagindo com o meio físico, de forma a originar um fluxo de matéria e energia, pode ocorrer, principalmente, por ação antrópica (neste projeto entenderemos a ação antrópica como sendo as obras hidráulicas fluviais), e é definida como impacto ambiental.

Os impactos ambientais sobre o meio físico, meio biológico, ecossistemas naturais, o meio socioeconômico, constituem-se no efeito dentro do problema de pesquisa, identificando neste projeto como Variável Dependente.

DETALHAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

As obras de hidráulica fluvial executadas pelo homem provocam alterações – que podem ser significativas ou desprezíveis – nas características dos meios físico, biótico e antrópico, sendo, portanto, necessário identificar e classificar estas alterações que também são denominadas impactos ambientais. Os impactos ambientais para efeito de

Tabela 1 - Proposta de valores para os impactos ambientais classificados

IMPACTOS AMBIENTAIS CLASSIFICADOS	VALORES	
Quanto ao tipo	Positivo (Benéfico)	+
	Negativo (Adverso)	-
Quanto ao Modo	Direto	1 a 10
	Indireto	1 a 10
Quanto a Magnitude	Baixa Intensidade	1 a 4
	Média Intensidade	4 a 7
	Grande Intensidade	7 a 10
Quanto ao Alcance	Local	1 a 4
	Regional	4 a 7
	Nacional	7 a 10
Quanto ao Efeito	Curto Prazo	1 a 4
	Médio Prazo	4 a 7
	Longo Prazo	7 a 10
Quanto a Reversibilidade	Reversível	1 a 10
	Irreversível	1 a 10

análise poderão ser classificados quanto: ao tipo; ao modo; à magnitude; ao alcance; ao efeito; à reversibilidade.

Impactos ambientais – Quanto ao tipo

Positivo (Benéfico) - P

Negativo (Adverso) - N

Impactos ambientais – Quanto ao modo

Direto - D

Indireto - I

Impactos ambientais – Quanto à magnitude

Baixa intensidade - B

Média Intensidade - M

Grande Intensidade - G

Impactos ambientais – Quanto ao alcance

Local - L

Regional - R

Nacional - NA

Impactos ambientais – Quanto ao efeito

Curto Prazo - CP

Médio Prazo - MP

Longo Prazo - LP

Impactos ambientais – Quanto à reversibilidade

Reversível - RE

Irreversível - IR

PROPOSTA DE VALORAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A etapa que corresponde à valoração dos impactos ambientais não pode continuar sendo entendida, por alguns pesquisadores, como sendo algo subjetivo. A justificativa deste subjetivismo reside na dependência de quem faz a valoração, isto é, do seu grau de conhecimento do assunto, dos seus interesses etc. Atualmente existe o envolvimento de: prefeituras, universidades, ministérios e outros, que no desenvolvimento e documentação das suas atividades, passam a fornecer informações reais. Estas, tratadas matematicamente se constituem em dados/informações que podem vir a alimentar modelos que permitem a valoração dos impactos ambientais.

A análise quantitativa (valoração), apresentada nas planilhas ambientais, é desenvolvida a partir de uma escala de 0 a 10, atribuída à magnitude, obtidos de fontes, tais como: Braga et al. (2002); Mota (1997); Tommasi (1993), enquanto que a valoração para os demais tipos de impactos, é uma proposta deste artigo (ver *tabela 1*).

Os valores da escala serão positivos quando o impacto ambiental for benéfico e negativos quando for adverso.

PROPOSTA DE EXPRESSÕES MATEMÁTICAS

Calcula-se a média geral de cada ação proposta, referente aos impactos ambientais antropogênicos da seguinte maneira:

Uma ação proposta apresenta diversos impactos ambientais e, cada um desses impactos, recebe uma avaliação qualitativa (classificação do impacto ambiental) e uma avaliação quantitativa (valoração).

Toma-se, por exemplo, os diferentes impactos ambientais classificados de uma ação proposta e, procede-se a soma dos valores (Vi IA) de cada um dos impactos ambientais classificados, afetados de sinal (+) ou (-), obtendo-se, assim, para cada um deles uma somatória:

$$\sum_{i=1}^n V_{i IA}$$

A determinação do valor de um impacto ambiental no meio ambiente (E i IA) é igual ao quociente da somatória dos valores de um impacto ambiental classificado pelo seu, respectivo, número de impactos ambientais classificados (n IA).

A média geral de cada ação proposta (I n IA), referente aos impactos ambientais antropogênicos, é igual ao quociente da somatória dos valores de um impacto ambiental da ação proposta:

$$\sum_{i=1}^n E_{i IA}$$

Pelo número de impactos ambientais provocados pela ação proposta (N i IA).

Este artigo propõe as seguintes equações matemáticas:

$$E_{i IA} = \sum_{i=1}^n (V_{i IA}) / n_{i IA}$$

Onde:

$E_{i IA}$ = Valor de um impacto ambiental no meio ambiente;

$V_{i IA}$ = Valor de um impacto ambiental da ação proposta;

$n_{i IA}$ = Número de impactos ambientais classificados.

$$I_{i IA} = \sum_{i=1}^n (E_{i IA}) / N_{i IA}$$

$I_{i IA}$ = Valor geral do impacto ambiental de uma ação proposta;

$E_{i IA}$ = Valor de um impacto ambiental da ação proposta;

$N_{i IA}$ = Número de impactos ambientais provocados pela ação proposta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2 - Planilha ambiental do estudo de caso do Ribeirão dos Meninos

INTERV	IMPACTOS AMBIENTAIS	VALORAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL						Σ (V _{IA})	(n _{IA})	EIA Σ (V _{IA}) (NIA)	Σ (E _{IA})	N _{IA}	Σ (V _{IA}) (NIA)	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS
		TP	MD	MAG	ALC	EF	REVERS							
RETIFICAÇÃO	Aumento da velocidade de escoamento da água	P	D	10	6	10	10	36	4	9,00	-43,00	13	-3,31	HÁ NECESSIDADE DE AÇÃO PROPOSTA COMPLEMENTAR
	Aumento da vazão sólida	N	I	9	6	10	10	-35	4	-8,75				
	Assoreamento no curso d'água à jusante	N	I	8	5	10	10	-33	4	-8,25				
	Erosão das margens e do fundo do leito	N	I	9	5	10	10	-34	4	-8,50				
	Perda ou alteração da flora e da fauna das margens	N	D	10	4	10	10	-34	4	-8,50				
	Perda das faixas de proteção	N	D	10	4	10	10	-34	4	-8,50				
	Aterro e ocupação das alças dos trechos retificados	N	I	10	4	10	10	-34	4	-8,50				
	Minimização das áreas de inundação	P	I	8	6	5	7	36	4	6,50				
	Aumento da vazão	P	I	10	6	10	10	36	4	9,00				
	Nos trechos retificados, canal é autolimpante (aumento de velocidade)	P	I	10	5	10	10	35	4	8,75				
	Inundações à jusante da retificação	N	I	8	4	10	10	-32	4	-8,00				
	Alteração no regime de escoamento	N	I	10	6	10	10	-36	4	-9,00				
	Possibilidade de implantação de vias asfaltadas no seu entorno (ocupação do leito maior do rio)	N	D	10	3	10	10	-33	4	-8,25				
	DIQUES	Alteração na forma da seção do curso d'água	N	D	10	4	10	10	-34	4				
Proteção de inundações nas margens		P	D	9	3	7	7	26	4	6,50				
Alteração do regime de escoamento		N	I	10	6	10	10	-36	4	-9,00				
Perda ou alteração da flora e da fauna das margens		N	I	10	4	10	10	-34	4	-8,50				
Favorece a ocupação do leito maior do rio		N	D	10	3	10	10	-33	4	-8,25				
PISCINÃO	Diminuição das inundações à jusante	P	I	8	4	8	7	27	4	6,75				
	Regularização da vazão à jusante	P	D	10	4	10	10	34	4	8,50				
	Elevação do nível d'água à montante (remanso)	N	I	8	4	10	10	-32	4	8,00				

INTERV	IMPACTOS AMBIENTAIS	VALORAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL						Σ (V _{IA})	(n _{IA})	EIA Σ (V _{IA}) (NIA)	Σ (E _{IA})	N _{IA}	Σ (V _{IA}) (NIA)	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS
		TP	MD	MAG	ALC	EF	REVERS							
PISCINÃO	Alteração das condições sanitárias na área de influência do piscinão	N	I	10	4	10	10	-34	4	-8,50	-35,25	8	-4,41	HÁ NECESSIDADE DE AÇÃO PROPOSTA COMPLEMENTAR
	Assoreamento e armazenamento de resíduos sólidos	N	D	10	3	10	10	-33	4	-8,25				
	Ocupação do leito maior do rio	N	D	10	3	10	10	-33	4	-8,25				
	Perda/alteração da fauna e flora	N	I	10	4	10	10	-34	4	-8,50				
	Alteração no regime de escoamento	N	I	10	6	10	10	-36	4	-9,00				
POLDERS	Proteção contra inundações	P	D	8	4	9	9	30	4	7,50	-45,75	8	-5,72	HÁ NECESSIDADE DE AÇÃO PROPOSTA COMPLEMENTAR
	Aumento da vazão de pico	N	D	8	4	7	9	-28	4	-7,00				
	Ocupação do leito maior do rio	N	D	10	3	10	10	-33	4	-8,25				
	Erosão de margens e fundo ocasionada pela energia de descarte da água	N	D	10	4	7	9	-30	4	-7,50				
	Assoreamento do leito à jusante do polder	N	I	10	4	7	9	-30	4	-7,50				
	Alteração no regime de escoamento à jusante	N	I	10	4	7	9	-30	4	-7,50				
	Perda ou alteração da flora e da fauna das margens	N	I	10	4	10	10	-34	4	-8,50				
	Elevação do nível d'água à montante (remanso)	N	I	8	4	7	9	-28	4	-7,00				

CONCLUSÕES

A submissão do Ribeirão dos Meninos ao modelo matemático identificado como Planilhas Ambientais, proposto por Silva (2004), tem como principal resultado o desenvolvimento de uma estrutura composta por um sistema e um modelo. O sistema é formado por uma entrada que corresponde à fase de coleta de dados e/ou informações referentes à bacia hidrográfica do Ribeirão dos Meninos, bem como ao conjunto de intervenções de engenharia implantadas e executadas nesta bacia; processamento dos dados e/ou informações coletadas, de modo a se verificar quais são relevantes a este projeto, e a saída que correspon-

de a uma provável resposta ao problema proposto. O cenário corresponde à representação física do sistema, isto é, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Meninos. Todos os dados e informações coletadas e, posteriormente, processados, passam a alimentar as Planilhas Ambientais (Silva, 2004), construindo-se, então, no Modelo de Planilhas Ambientais do Ribeirão dos Meninos.

A interpretação de um valor geral do impacto ambiental de uma ação proposta, com sinal negativo, indica que a obra hidráulica fluvial e/ou de macrodrenagem urbana contribui para o agravamento e/ou dá origem a um impacto adverso e, neste caso, ela será consi-

derada contraproducente. A interpretação de um valor geral do impacto ambiental de uma ação proposta, com sinal positivo, indica que a obra hidráulica fluvial e/ou de macrodrenagem urbana é produtora, contribuindo com minimização dos impactos adversos e, consequentemente, aumento dos impactos benéficos. ☺

* **Bruna Loro Ferraz** é aluna de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT) E-mail: brunaloroferraz@yahoo.com.br
 ** **Pedro José da Silva** é professor da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT) E-mail: p-jose-silva@uol.com.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Meninos. Fonte: Disponível em: <https://www.google.com.br/search?q=bacia+do+ribeir%C3%A0+dos+meninos>. Acesso em 02/03/2016.
 [2] BRAGA, B. - Introdução à engenharia ambiental. 1ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305 p.
 [3] BRIGHETTI, G.; ALMEIDA, C. - Apostila: Navegação Interior e Portos Marítimos. São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002. Fascículo I. 143 p.
 [4] BRIGHETTI, G. - Notas de Aula: Curso de Pós-graduação na área de Concentração Engenharia Hidráulica, Obras Fluviais. São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.
 [5] CAMARGO JÚNIOR, A. - Sistema de gestão ambiental em terminais hidroviários e comboios fluviais: contribuições para o desenvolvimento sustentável na hidrovia Tietê - Paran. 2000. 179 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, da Universidade Estadual Paulista. São Paulo.
 [6] CANHOLI, A. P. - Drenagem urbana e controle de enchentes. São Paulo. Oficina de Textos, 2005. 302 p. Limites das Bacias Hidrográficas do Ribeirão dos Meninos e do Rio Tamanduatê.
 [7] PEREIRA, P. A. S. - Rios, redes e regiões: a sustentabilidade a partir do enfoque integrado dos recursos terrestres. 1ª ed. Porto Alegre. Editora AGE Ltda, 2000. 348 p.
 [8] SÃO PAULO. DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Governo do Estado de São Paulo. Plano Diretor de Macro Drenagem da Bacia do Alto Tietê: Bacia Superior do Ribeirão dos Meninos. Disponível em http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/macrodrenagem/meninos/Arquivos_Men/Indice_Men.html. Acesso em: 27 de Junho de 2016.
 [9] SILVA, P. J. - Estrutura para identificação e avaliação de impactos ambientais e obras hidroviárias. 2004. 511 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.
 [10] TOMMASI, L. R. - Estudo de Impacto Ambiental. 1ª ed. São Paulo. Cetesb. Terragraph Artes e Informática, 1993. 355 p.