

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

Recuperação de córregos urbanos: A importância da gestão participativa.

Juliana Caroline de Alencar da Silva¹; Monica Ferreira do Amaral Porto¹

¹Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Depto de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

RESUMO – Com a consolidação do saneamento em algumas bacias em núcleos urbanos, um novo desafio surge, o da recuperação dos corpos d’água presentes nelas, mas o que a princípio parecia ser uma consequência do processo, na realidade se mostra uma tarefa muito mais complexa. Muito se diz a respeito da despoluição dos corpos d’água através da eliminação da carga pontual, mas o que se observa na prática é que mesmo diante do controle das cargas pontuais os corpos d’água continuam poluídos diante da não observância da existência da carga difusa. O programa “Córrego Limpo” enfrenta um grande desafio no seu propósito de despoluição dos córregos urbanos em pequenas bacias no município de São Paulo, uma vez que mesmo livres da carga pontual, tais corpos ainda estão sobre influência da carga difusa. A notória melhoria na qualidade dos corpos d’água pertencentes ao programa é ainda mais efetiva nas bacias onde há aplicação da gestão integrada, que prevê o envolvimento da população no processo. Tais ferramentas de gestão são integrantes das conhecidas BMP’s (*Best Management Practices*), que resultam na redução do potencial poluidor da bacia, tornando mais efetivo o processo de despoluição.

ABSTRACT– With the consolidation of sanitation in some basins in urban centers, a new challenge arises, the recovery of bodies of water present in them, but what at first appeared to be a consequence of the process, in fact it shows a much more complex. Much is said about the pollution of water bodies by removing the point pollution, but what is observed in practice is that even before the control of the point pollution, the water bodies remain polluted due the inobservance of the existence of nonpoint pollution. The “Córrego Limpo” program faces a major challenge in its purpose of remediation of urban streams in small watersheds in São Paulo, since even free of point pollution, on such bodies are still pervasive influence of the nonpoint pollution. The significant improvement in the quality of water bodies belonging to the program is even more effective in basins where there is implementation of integrated, providing the population's involvement in the process. Such management tools are known members of the BMP's (*Best Management Practices*), which result in reducing the pollution potential of the basin, making the process more effective remediation.

Palavras-Chave – Poluição difusa, controle da poluição hídrica, córregos urbanos.

INTRODUÇÃO

Nossa sociedade enfrenta um grande desafio neste novo século, que é o de melhor gerir sua relação com o ambiente, a fim de conter uma futura e próxima crise ambiental. Crise esta provocada pelo uso irracional dos recursos naturais e da ocupação não planejada do ambiente, ocasionada pelo processo acelerado de urbanização que não leva em conta o impacto dessa ocupação sobre o meio e a resposta gerada por esta ocupação em um momento futuro.

Devido à concentração de infraestrutura, o meio urbano tem exercido um grande poder atrativo, para a população rural que migram para as grandes cidades em busca de trabalho e de melhores condições de vida, no entanto, esse processo constante e acelerado faz com que as cidades não consigam suprir essa demanda e que esta população imigrante acabe sendo marginalizada e por falta de opção, acabem vivendo em moradias inadequadas e sem acesso a serviços básicos como educação, saneamento e saúde.

Os corpos d'água desde o início da formação das grandes civilizações foram tidos como sinônimo de fartura, por serem eles os provedores dos recursos que permitiam o desenvolvimento destas, sendo essas sociedades chamadas apropriadamente de hidráulicas devido a essa relação direta com as águas. No entanto, nos dias de hoje os corpos d'água urbanos fazem parte de um contrassenso se considerada a sua importância no passado, pois para a maioria dos moradores das grandes cidades eles representam apenas fontes de problemas, que foram na verdade resultado da ocupação não planejada do espaço urbano.

Segundo Tucci (2008), a gestão das águas no meio urbano passou nos países mais desenvolvidos, por quatro fases, sendo elas: 1ª) Fase pré-higienista, até o início do século XX, onde o esgoto era lançado sem qualquer preocupação em foças ou no corpo d'água mais próximo; 2ª) Higienista, antes de 1970, onde o conceito vigente era o de afastar os esgotos pra longe da cidade através de coletores e a canalização dos corpos d'água a fim de externalizar o problema das inundações; 3ª) Corretiva, entre 1970 e 1990, onde há a implantação de tratamento de esgotos domésticos e industriais e o surgimento de técnicas de amortecimento do escoamento; 4ª) por fim a fase atual do sistema, chamada de Desenvolvimento Sustentável, onde há a preocupação em dar tratamento terciário aos esgotos e o surgimento de programas que visam à recuperação dos corpos d'água, através da despoluição e restituição da vegetação, e integração ao ambiente urbano, como a criação de parques lineares.

No Brasil temos uma situação não homogenia, onde podemos encontrar locais tanto na 2ª fase (Higienista), como no caso das periferias e áreas mais carentes, como na 4ª fase (Desenvolvimento Sustentável) como no caso dos bairros planejados. Em megalópoles como São Paulo pode-se encontrar edifícios que fazem uso de sistemas de coleta à vácuo de esgotos que visam à máxima economia de água e outros que realizam tratamento avançado de seus efluentes a fim de viabilizar o reaproveitamento desta água servida, mas também não é preciso percorrer grandes distâncias destes para encontrar moradias precárias localizadas às margens de corpos d'água, lançando diretamente neles seus efluentes. Tal disparidade é fruto da desigualdade social típica dos núcleos urbanos.

A Ilustração 1 mostra a Favela do Sapé no bairro do Rio Pequeno localizado na região oeste de São Paulo, onde é possível visualizar os lançamentos de esgotos no Córrego do Sapé (A Foto 1A

foi obtida em novembro de 2008 e a Foto 1B em abril de 2011, hoje a favela encontra-se em processo de urbanização com a previsão de um parque linear nas margens do canal). Próximo a Favela, encontra-se o Centro Empresarial Raposo Tavares, que faz uso de tratamento avançado para reuso da sua água servida.

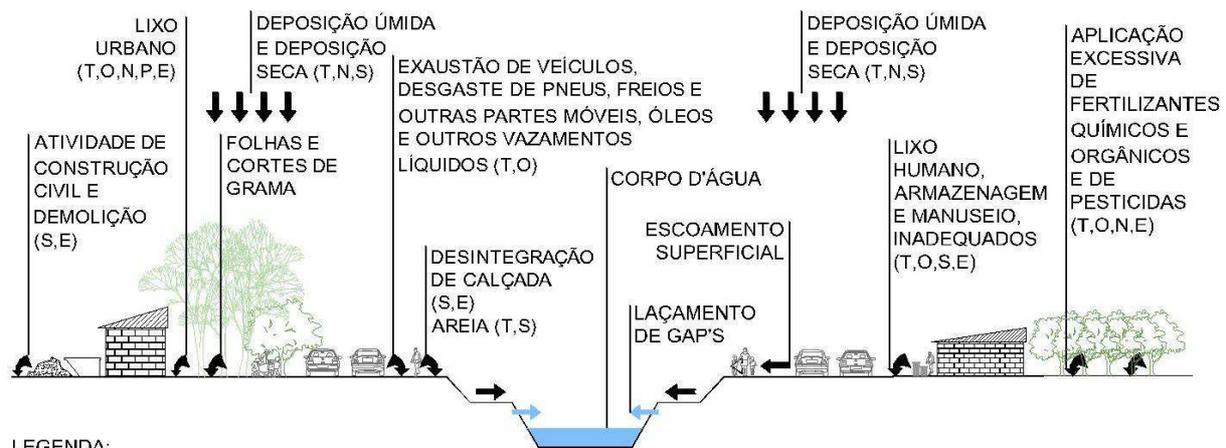


Ilustração 1 - Favela do Sapé – Lançamento dos esgotos das moradias diretamente no Córrego do Sapé.
Fonte: Cortesia de Andréia Sandrini – Coordenadora das ações do Programa “Córrego Limpo” na Zona Oeste.

O desenvolvimento das cidades se deu excluindo os corpos d’água de qualquer participação na vida urbana, os corpos foram engessados, tamponados e no melhor dos casos esse tamponamento deixou como resquício de que um dia tal lugar havia sido um vale, a presença de canteiros centrais com alguma área verde, como é o caso das Avenidas Nove de Julho, Pacaembu, Vinte e três de Maio e Sumaré. As gerações atuais que trafegam por estas Avenidas, muitas vezes nem imaginam que outrora tais lugares abrigavam rios e riachos. (BARTALINI, 2004)

A poluição que chega a um corpo d’água pode ser caracterizada em dois tipos: pontuais, que é o tipo de fonte passível de ser caracterizada e rastreada, como por exemplo, esgotos domésticos e efluentes industriais; e difusas, que são aquelas geradas de forma distribuída ao longo da bacia contribuinte, sendo elas produzidas por inúmeros agentes poluidores, que afluem aos corpos d’água preferencialmente por ocasião dos eventos de chuvas. À poluição difusa está diretamente relacionada com o tipo de uso e ocupação do solo, ou seja, à urbanização, práticas agrícolas, desmatamento e mineração. Em áreas rurais a carga de poluição difusa pode ser proveniente de atividades agrícolas; atividades pecuárias; silvicultura; chácaras de lazer e recreação. Já em áreas urbanas, ela pode ser gerada por residências, comércios, pólos industriais, complexos esportivos, parques, meios de transporte e resíduos atmosféricos (PRIME, 1998). Segundo Novotny (2003) os primeiros 40% de escoamento superficial podem conter 60% da carga poluidora. A Ilustração 2

apresenta as principais fontes poluidoras e tipos de poluentes gerados em áreas urbanas e seus arredores.



LEGENDA:

TIPOS DE POLUENTES QUE PODEM OCORRER PRÓXIMOS OU NA ÁREA URBANA COMO RESULTADO DA ATIVIDADE INDICADA

T = TÓXICO (HIDROCARBONETOS, METAIS, PESTICIDAS, CLORETOS)

O = ORGÂNICO (DEMANDA DE OXIGÊNIO)

N = NUTRIENTE (PRIMEIRAMENTE N e P)

P = PATOGENIO

S = SEDIMENTO

E = ESTÉTICO (LIXO E DETRITOS)

Ilustração 2 – Fontes de Poluição no Meio Urbano. Fonte: Adaptado de WALESH (1989).

Segundo Porto (1995) e Tomaz (2006/2007) a poluição difusa é formada por diversas contribuições que são difíceis de detectar e quantificar, tais como freios de automóveis, resíduos de pneus, resíduos de pinturas em geral, fezes de animais, resíduos de ferro, zinco, cobre e alumínio de materiais de construção, deposição seca e úmida de particulados de hidrocarbonetos, restos de vegetação, derramamentos, erosão fuligem, poeira, enxofre, metais, pesticidas, nitritos e nitratos, cloretos, fluoretos silicatos, cinzas, compostos químicos e resíduos sólidos, entre outros.

O problema da poluição nos corpos d'água sempre se popularizou em torno das fontes de poluição pontuais, o que localiza o problema e não exige um manejo integrado de toda a bacia hidrográfica, mas em locais onde a poluição por fontes pontuais já é uma realidade do passado a preocupação com a poluição difusa vem crescendo e demandando estudos para quantificá-la, avaliá-la e eliminá-la. É o caso dos EUA, que vem aprimorando seus esforços para o controle de cargas difusas com investimentos maciços nesse setor desde 1993. (PORTO, 2002)

O início da preocupação com a poluição difusa se dá com a institucionalização da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), na década 1970, quando surgem as primeiras pesquisas relacionadas com a poluição difusa urbana; porém este tema já vinha sendo estudado a partir do século XIX na Europa. Já no Brasil, a temática começou a ser abordada em algumas cidades brasileiras a partir da década de 1990 (PRODANOFF, 2005).

A poluição difusa esta ligada diretamente ao tipo de ocupação do solo pelo homem, já que suas atividades geram poluição. A partir do momento em que o homem altera as características de uma bacia, a urbanizando, esta passa a contribuir para uma maior quantidade de sedimentos transportados para os corpos d'água. (NOVOTNY, 2003).

Segundo Porto (1995) e Tomaz (2006/2007) a poluição difusa é formada por diversas contribuições que são difíceis de detectar e quantificar, tais como freios de automóveis, resíduos de pneus, resíduos de pinturas em geral, fezes de animais, resíduos de ferro, zinco, cobre e alumínio de materiais de construção, deposição seca e úmida de particulados de hidrocarbonetos, restos de vegetação, derramamentos, erosão fuligem, poeira, enxofre, metais, pesticidas, nitritos e nitratos, cloretos, fluoretos silicatos, cinzas, compostos químicos e resíduos sólidos, entre outros. Segundo Novotny (2003), outra fonte importante de contribuição para a poluição difusa é a proveniente da atmosfera, já que nos primeiros instantes de precipitação há, grosso modo, a lavagem dos poluentes em suspensão na atmosfera, de modo que o destino final destes são os corpos d'água. Desta forma, a emissão de poluentes atmosféricos também é outro fator importante a ser observado nas políticas de controle à poluição difusa.

Segundo Novotny e Olem (1994) o controle da carga difusa pode ser realizado através de medidas não estruturais e estruturais. As medidas não estruturais, conhecidas como *Best Management Practices (BMP's)* são caracterizadas como sendo medidas de baixo custo, pois não exigem a implementação de estruturas físicas e localizadas, mas sim ações de gestão e gerenciamento por toda bacia.

As principais medidas não estruturais são: Aquelas que visem organizar a participação da população da bacia a fim de garantir uma eficiente gestão de resíduos; Aquelas que controlem o uso e ocupação do solo a fim de prevenir a ocupação de áreas sensíveis e evitar; Aquelas que promovam a manutenção de áreas permeáveis a fim de promover a infiltração, resultando na redução da vazão de pico; entre outras.

As medidas estruturais, que demandam maior custo e estão ligadas a intervenções físicas, como exemplo: Bacias de retenção, que reservam a água a liberando lentamente através da infiltração no solo ou através do uso de um vertedor; Bacias de detenção, que reservam a água por determinado período e a liberam logo após o evento de chuva; Alagados, conhecidos como *Wetlands*, que fazem aproveitamento das áreas de várzea para acúmulo da água precipitada.

Dentro do conceito de *Best Management Practices*, o programa córrego limpo realiza a capacitação de técnicos que atuam em algumas bacias do programa, a fim de tornar efetivas as ações de recuperação do programa. Tal capacitação é feita através da implementação de estratégias de governança colaborativa inicialmente nas bacias de cinco córregos do programa, Córrego Cruzeiro

do Sul, Córrego Charles Gaulle, Córrego Cipoaba, Córrego Itupu e o Córrego Ibiraporã que é objeto deste estudo. (CÓRREGO LIMPO, s/d).

A estratégia de governança colaborativa faz uso do “Modelo dos Níveis de Ação Colaborativa” (MNAC). O modelo proposto pelo professor Mark Imperial, da Universidade da Carolina do Norte, foi testado em bacias norte-americanas, que apesar de maiores, apresentavam os mesmos desafios, abordando a questão da colaboração em três níveis: operacional (que trata de intervenções como implantação de infraestrutura, processos educativos, monitoramento e avaliação, portanto envolve, na maior parte, serviços governamentais.), de formulação de políticas (Que tem caráter orientador, incrementando a comunicação entre os atores, coordenando ações e integrando políticas para alavancar os objetivos coletivos) e institucional (Atividades que influenciam, restringem, incrementam e promovem as ações no nível operacional e formulação de política). (CÓRREGO LIMPO, s/d).

OBJETIVO

O objetivo do presente estudo é analisar o processo de recuperação dos córregos em questão diante do controle das cargas difusas e avaliar a influência da gestão participativa no processo de recuperação destes corpos. O objeto de estudo serão córregos de interesse pertencentes à primeira etapa do programa “Córrego Limpo”, os quais através do programa passaram por um processo de despoluição pela eliminação de cargas pontuais. Tal estudo será possível através da análise do histórico de monitoramento da DBO dos córregos do programa, realizado pela Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), da aplicação do Teste T para amostras pareadas e dos aspectos físicos e sociais das bacias. Além disso, será avaliada a produção de carga difusa em cada bacia através do método da Unidade de Carga (UC).

ÁREA DE ESTUDO

O programa “córrego limpo” iniciou-se em março de 2007, tendo sua primeira etapa concluída em março de 2009, nesta etapa houve a total despoluição de 28 córregos e recuperação de trechos de outros 14. O programa consiste na recuperação dos córregos através da ampliação das redes coletoras de esgoto e do seu tratamento, eliminação de ligações clandestinas e de lançamentos em galerias pluviais. O programa usa como indicador da despoluição a queda no nível da DBO5-20. (CÓRREGO LIMPO, s/d).

O objeto desse estudo serão a nascente do córrego do Sapé e o córrego Ibiraporã, cuja localização está mostrada na Ilustração 3. As duas áreas foram escolhidas por serem bacias de uso

semelhante, mas apresentarem o diferencial da implantação da governança colaborativa na bacia do córrego Ibiraporã.

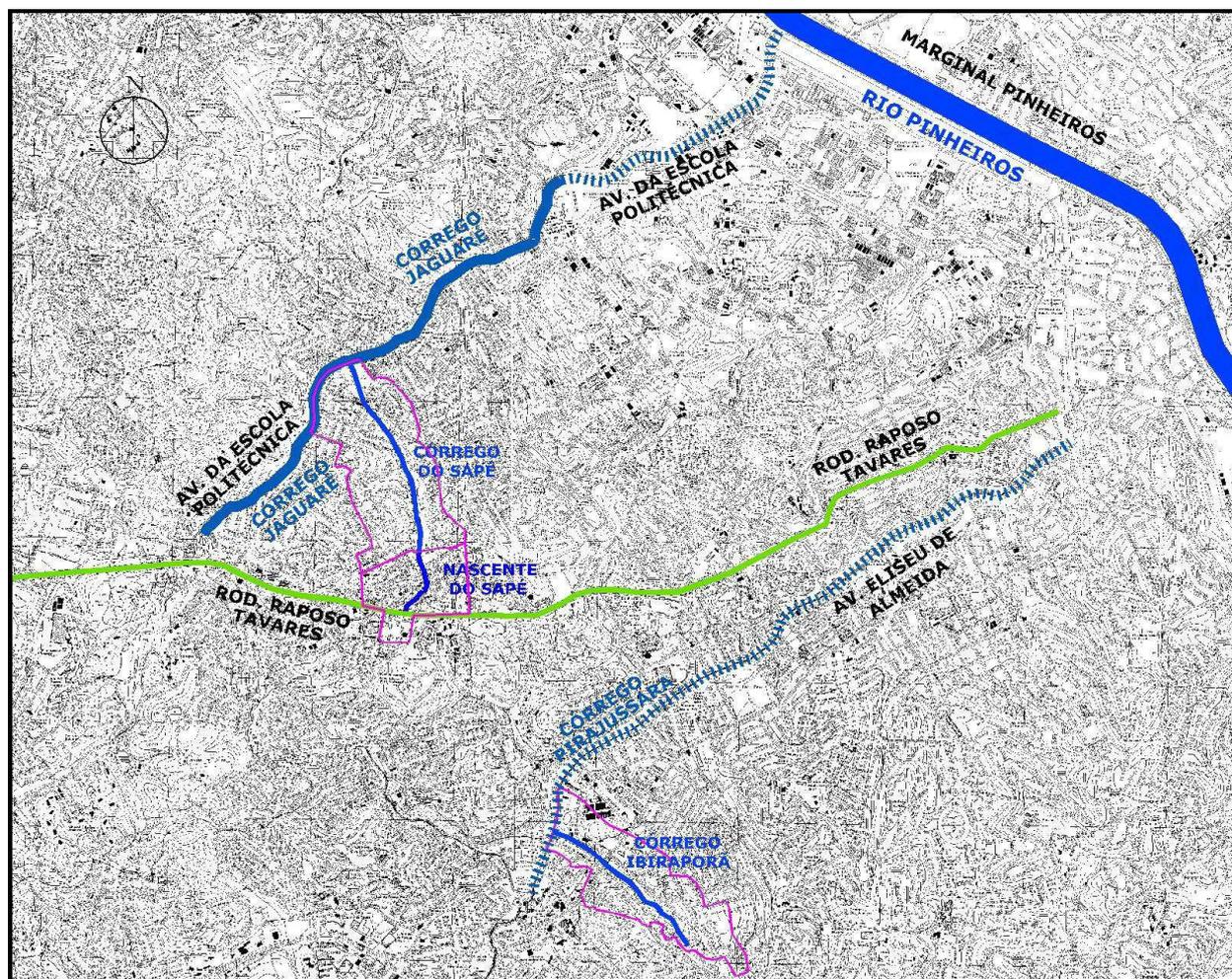


Ilustração 3 - Córrego do Sapé e córrego Ibiraporã– Localização e acesso.

Córrego do Sapé

O córrego do Sapé pertencente à bacia do Jaguaré, localizado na subprefeitura do Butantã, tem como principais pontos de acesso à área são a Avenida da Escola Politécnica, a Avenida do Rio Pequeno e a Rodovia Raposo Tavares. A nascente do córrego fez parte da primeira etapa do programa “córrego limpo”, passando por uma série de ações no ano de 2009 que resultaram na despoluição do trecho, pela eliminação de fontes pontuais de poluição. O trecho seguinte possui em suas margens a favela do Sapé, que atende hoje uma população de cerca de 10mil habitantes. A favela atualmente está passando por diversas intervenções que resultarão na urbanização e regularização da área. A despoluição deste segundo trecho do córrego está prevista para a segunda etapa do programa. (CÓRREGO LIMPO, s/d).

Com a criação da lei 13.430 em 2002, que instituiu Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, houve a criação da proposta de parques lineares, como uma forma de recuperação

ambiental de cursos d'água e aumentar a área permeável nas áreas urbanas. Com isso foi criado o Parque linear 28, no córrego do Sapé. Portanto a urbanização da Favela e a despoluição dos dois trechos pelo programa resultarão na implantação completa deste Parque Linear. (AKINAGA/MORINAGA/ PELLEGRINO, 2007).

Durante o período de 20 de abril de 2009 a 15 de maio de 2009 foi realizada a criação de um comitê de monitoramento das ações da SABESP na região oeste, reuniões para acompanhamento da PMSP, monitoramento da qualidade da água no córrego do Sapé, realização de 132m de redes coletoras e 119 metros de travessia da Rodovia Raposo Tavares. O programa completo de despoluição da nascente foi resultado de um investimento 250 mil reais e beneficiou uma população de cerca de 16mil habitantes residentes na bacia. (CÓRREGO LIMPO, s/d).

Córrego Ibiraporã

O córrego Ibiraporã pertencente à bacia do Pirajussara, localizado na subprefeitura do Butantã, tem como principais pontos de acesso as Avenidas Eliseu de Almeida e Francisco Morato, a bacia de drenagem do córrego conta com uma população tipicamente residencial, com cerca de 9mil habitantes. O córrego Ibiraporã é um dos córregos que fazem parte do programa de governança colaborativa, que através do envolvimento da população residente na bacia, no processo de recuperação do córrego, tem apresentado resultados mais efetivos na sua despoluição. (CÓRREGO LIMPO, s/d).

A participação da comunidade torna mais efetiva o processo de despoluição, já que ao contrário da carga pontual que exige ações localizadas e que na maioria das vezes devem ser executadas pelo poder público, o controle da carga difusa demanda ações em toda a bacia, portanto exige participação da população da bacia diretamente e indiretamente, situação que ocorre na bacia do córrego Ibiraporã, onde a população residente na bacia auxilia o programa na fiscalização de eventuais anomalias no canal, como por exemplo, lançamentos clandestinos, irregularidade na coloração das águas do córrego ou despejo de resíduos sólidos nas proximidades que por ventura possam ser carreados pelo escoamento superficial até ele.

Como parte das ações do programa de governança colaborativa, a SABESP em parceria com a Fundação SOS Mata Atlântica, o Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebap) e as lideranças locais, realizou em 26/03/2012 uma “Ecomobilização” no córrego Ibiraporã para envolver a comunidade no processo de manutenção da despoluição do córrego. Na “Ecomobilização” houve discussões sobre o papel da comunidade na despoluição do córrego, palestra sobre a preservação e educação ambiental, além de caminhada e mutirão de limpeza. (CÓRREGO LIMPO, s/d).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a avaliação da influência da implantação da gestão participativa na bacia do córrego Ibiraporã foi realizada a análise comparativa do histórico de monitoramento da DBO dos dois córregos. Através da serie histórica de $DBO_{5,20}$ monitorada mensalmente pela SABESP nos dois córregos do programa, objeto do estudo, foi possível comparar a diferença entre a DBO obtida antes e depois das intervenções e obter o grau de significância desta diferença nos respectivos processos de recuperação. Além disso, foi realizada a quantificação da produção de carga difusa, através do método da Unidade de Carga (UC) em cada uma das bacias, a fim de avaliar o potencial poluidor de cada uma delas.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Segundo o manual de procedimentos e técnicas laboratoriais do laboratório de saneamento da escola politécnica (2004) a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) consiste em um teste empírico, onde procedimentos padronizados de laboratório onde é possível determinar a quantidade de oxigênio relativa em determinada amostra. Tal parâmetro pode ser utilizado para avaliar cargas poluidoras corpos d'água, já que o oxigênio é item essencial para manutenção da vida. A Tabela 1 apresenta a classificação apresentada pelo programa "Córrego Limpo", para caracterizar a qualidade da água de um corpo d'água em função da sua DBO.

Tabela 1: Caracterização dos Córregos em função da DBO. Fonte : Adaptado de Córrego Limpo (s/d).

Caracterização dos Córregos em função da DBO Demanda Bioquímica de Oxigênio	
0 a 5 mg/litro	Condições naturais, permite o contato primário das pessoas e a rega de hortaliças
5 a 10 mg/litro	Condições boas, já não se recomenda o contato primário nem a rega de hortaliças, mas possibilita a existência de peixes, o uso da água para animais e o tratamento convencional da água.
10 a 30 mg/litro	Condições boas, aspecto estético bom, permite a existência de peixes, não exala odores e possibilita o tratamento convencional da água.
30 a 70 mg/litro	Condição estética ainda boa, porém com restrições a existência de peixes e exalação de odores em determinadas épocas do ano (verão seco, principalmente); tratamento de água com consumo alto de produtos químicos.
Acima de 70 mg/litro	Poluído.

Segundo o manual de procedimentos e técnicas laboratoriais do laboratório de saneamento da escola politécnica (2004) o método parte do principio simples de que todos os organismos vivos dependem do oxigênio direta ou indiretamente. Desta forma, como toda matéria orgânica presente em um corpo d'água tende a ser mineralizada por organismos aeróbios, neste processo o oxigênio

dissolvido no corpo é absorvido, assim é possível quantificar através da DBO a quantidade de matéria orgânica presente na amostra. O método mais empregado para determinação da DBO é o da diluição, incubação em uma solução nutritiva e uma solução tampão para garantir o pH por volta de 6,5 a 7,5 por um período de 5 dias na ausência de luz a 20°C, assim pode-se determinar os níveis iniciais e finais de oxigênio. A SABESP realiza o monitoramento da DBO dos córregos do programa mensalmente e através da série histórica de monitoramento foi possível obter os resultados apresentados no item de resultados.

Teste T

É possível avaliar a eficiência da recuperação dos corpos d'água do programa "Córrego Limpo" através da comparação entre a DBO no período anterior às intervenções do programa e após as intervenções. Para comparar estes dois períodos é possível utilizar o teste T para calcular o grau desta diferença.

O t para cada conjunto de dados (antes e depois de cada córrego em questão) pode ser obtido através do uso da expressão apresentada a seguir:

$$t_{calculado} = \frac{\bar{d} - D_0}{s_d / \sqrt{n}} \quad (\text{Equação 1 - ZAR, 1996})$$

Onde t é dado pela diferença entre a média da amostra das diferenças, menos o valor suposto para a média das diferenças, dividido pelo desvio padrão da amostra das diferenças, que por sua vez é dividido pela raiz quadrada do tamanho da amostra pareada.

Para este teste estatístico, foram utilizadas a DBO_{5, 20} no período anterior às intervenções do programa e após a conclusão das intervenções do programa. Foram considerados para ambos os casos doze meses antes das intervenções e doze meses após as intervenções. Excluíram-se, portanto, as medições feitas durante a execução das obras de intervenção, considerando somente a situação antes e depois do processo de despoluição.

Unidade de Carga (UC)

Segundo Novotny (2003) o método da Unidade de Carga consiste em aplicar índices de geração de carga difusa para diferentes tipos de uso de solo existentes na bacia em estudo. O método não faz correlação com a hidrologia e a morfologia da bacia, mas tem como vantagem ser de fácil aplicação e apresentar resultados eficientes, podendo ser aplicado em bacias com diferentes tipos de uso do solo. Para obter a geração média de carga difusa para cada classe de uso do solo, a fim de calibrar o modelo e obter a geração total de carga difusa para cada bacia, foi utilizada como

base a Tabela 2, que apresenta os valores de contribuição por tipo de uso do solo elaborado pelo *Corine Land Cover (CLC)*.

Tabela 2 - Produção de Poluição Difusa para classes de uso do solo do *Corine Land Cover (CLC)*.

Fonte: Adaptado de Cecchi et. al. (2007).

Classes de Uso de Solo do CLC		
1. Tecidos Artificializados		Média (0-10)
1.1. Tecido Urbano	1.1.1. Tecido Urbano Contínuo	8,22
	1.1.2. Tecido Urbano Descontínuo	6,89
1.2. Indústria, Comércio e Transporte	1.2.1. Indústria, Comércio e Equipamentos Gerais	7,78
	1.2.2. Redes Viárias, Ferroviárias e espaços associados	5,67
1.3. Zonas Verdes Orientadas	1.3.1. Espaços Verdes Urbanos	2,33
	1.3.2. Equipamentos desportivos e de lazer	3,00

Desta forma, com base nas proporções obtidas pelo *Corine Land Cover (CLC)* e no valor fornecido por Steinke (2007) para produção de carga difusa para tecido Urbano (Tabela 3), foi produzida a Tabela 4, que será usada como referência para o cálculo da produção de carga difusa nas bacias em estudo.

Tabela 3 - Produção de Poluição Difusa para Tecido Urbano. Fonte: Ateinke (2007).

Produção de Carga Difusa (Kg/Km ² /dia)				
Tipo de cobertura	N total	P total	Ss Total	TOTAL
Tecido Urbano Contínuo	1,274	0,034	50,000	51,308

Tabela 4 - Produção de Poluição Difusa para classes de uso do solo.

Produção de Carga Difusa por Tipo de Uso do Solo (Kg/Km ² /dia)					
1. Tecidos Artificializados		N total	P total	Ss Total	TOTAL
1.1. Tecido Urbano	1.1.1. Tecido Urbano Contínuo	1,274	0,034	50,000	51,308
	1.1.2. Tecido Urbano Descontínuo	1,068	0,028	41,910	43,006
1.2. Indústria, Comércio e	1.2.1. Indústria, Comércio e Equipamentos Gerais	1,206	0,032	47,324	48,562
	1.2.2. Redes Viárias, Ferroviárias e espaços associados	0,879	0,023	34,489	35,391
1.3. Zonas Verdes	1.3.1. Espaços Verdes Urbanos	0,361	0,010	14,173	14,544
	1.3.2. Equipamentos desportivos e de lazer	0,465	0,012	18,248	18,726

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, são apresentados os resultados obtidos para as análises envolvidas neste estudo.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Após estudo do histórico do monitoramento da DBO fornecido pela SABESP, foi possível observar a evolução da qualidade dos corpos d'água participantes do programa e avaliar o quão efetiva é a recuperação de corpos d'água através da eliminação de cargas pontuais.

Na Ilustração 4 podemos ver a evolução da DBO e a relação deste parâmetro com a precipitação, em uma das áreas de enfoque do estudo, a Nascente do Sapé.

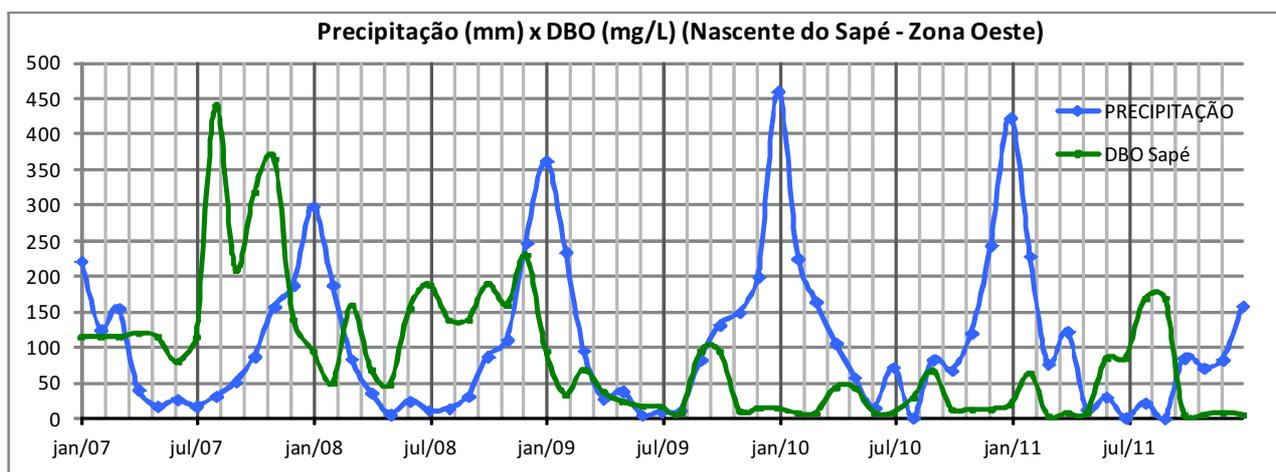


Ilustração 4: Relação entre a Precipitação (mm) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) na Nascente do Sapé no período 01/01/2007 a 01/01/2012. Fonte: Córrego Limpo (s/d) e SAISP (2012).

Pode-se notar que houve uma redução significativa na DBO do corpo d'água, no entanto devido à ausência de uma gestão participativa na bacia, a bacia tem um alto potencial gerador de carga difusa, o que faz com que haja maior oscilação nos valores da DBO da Nascente, mesmo depois das ações do programa. Além disso, há relatos por parte dos moradores das áreas próximas ao canal de despejos clandestinos, provavelmente de origem industrial, que fazem com que em determinados dias haja mudança brusca na qualidade da água do corpo (Mudança de cor, turbidez e temperatura).

A SABESP informou ainda que, a mudança brusca na DBO apresentada nos meses de agosto e setembro foi devido a um vazamento de esgotos domésticos durante a realização de uma de suas intervenções na área, nestes meses a DBO da nascente chegou a atingir 170mg/L, devido á elevada presença de matéria orgânica presente no esgoto doméstico, como se pode ver na Tabela 5. A Tabela 5 mostra valores característicos para concentração média de poluentes segundo Lima (1998) e Larentis (2004) para diferentes tipologias.

Tabela 5: Concentração média estimada de poluentes por tipologia (Adaptado de Lima, 1998 e Larentis, 2004).

Concentração Média de poluentes (mg/L) por tipologia				
Tipo	DBO ₅	Nitrogênio Total	Fósforo Total	Coliformes Fecais
Couros	210	3,3	2	1
Bebidas	350	10	1	0,2
Têxtil	22	27,5	1,2	8
Alimentos	260	30	5	7
Química	146	27,5	1,1	0,001
Metal	10	2,6	0,6	0,001
Papel	250	10	1,2	0,001
Esgoto doméstico	350	25	9	
Utilidade Pública	300	30	10	7

Através desta tabela é possível verificar o possível tipo de interferência que estaria afetando a nascente do Sapé nos momentos em que o valor da DBO obtido fica acima do esperado, já que depois das ações do programa a DBO da nascente ficou controlada apresentando valores menores que 15mg/L, exceto nestes períodos específicos, como podemos ver no Gráfico da Ilustração 4, a DBO atingiu valores de 24 a 95mg/L evidenciando alguma possível irregularidade. Tal discrepância possivelmente é devida a lançamentos clandestinos de origem industrial, já que uma das características da região é a elevada concentração de unidades comerciais e industriais devido à proximidade com a Rodovia Raposo Tavares.

Como se pode ver no Gráfico da Ilustração 5, houve uma redução significativa na DBO no Córrego Ibiraporã, onde graças ao processo de governança colaborativa na bacia, o processo de despoluição encontra-se mais consolidado, resultando em uma estabilidade maior na DBO monitorada no período pós intervenção.

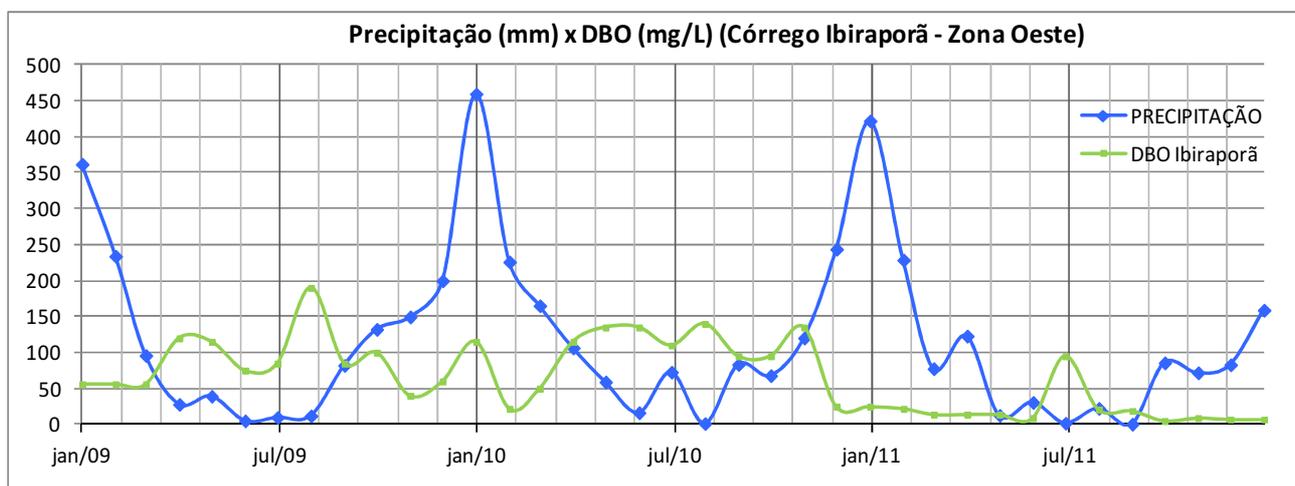


Ilustração 5: Relação entre a Precipitação (mm) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) no Córrego Ibiraporã no período 01/01/2007 a 01/01/2012. Fonte: Córrego Limpo (s/d) e SAISP (2012)

No Gráfico da Ilustração 6 podemos visualizar uma ampliação mostrando o comportamento da DBO para as duas áreas foco do estudo no período pós-intervenção. Focalizando a escala de observação da DBO monitorada e comparando somente o período pós-intervenção das duas bacias foco do estudo, bacia da Nascente do Sapé e Bacia do Córrego Ibiraporã, podemos avaliar de forma mais clara as flutuações na DBO monitorada nas duas áreas. Em primeiro lugar, fica claro a maior estabilidade do monitoramento no Córrego Ibiraporã se comparado com o monitoramento da Nascente do Sapé. A discrepância para o córrego Ibiraporã em julho, segundo informações da SABESP, foi ocasionada por um vazamento de esgotos sanitário durante a execução de intervenções na área.

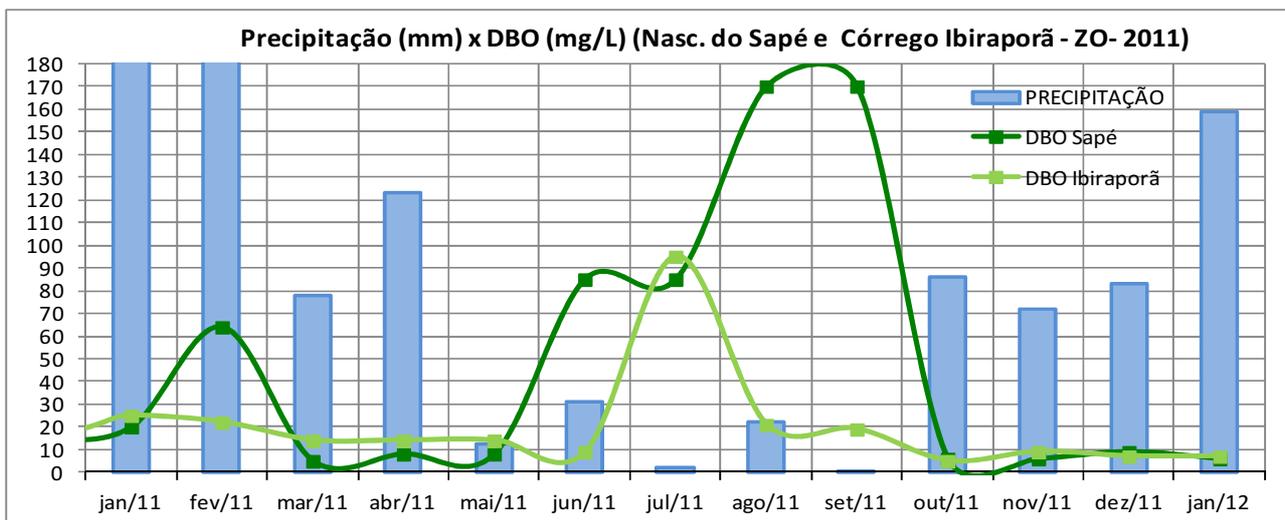


Ilustração 6: Relação entre a Precipitação (mm) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) na Nascente do Sapé e no Córrego Ibiraporã no período de 01/01/2011 a 01/01/2012. Fonte: Córrego Limpo (s/d) e SAISP (2012). *Para melhor visualização da variação da DBO foi ocultada a continuação do gráfico da Ilustração 6, impedindo a visualização completa da precipitação de janeiro e fevereiro de 2011, sendo elas respectivamente 422,33 e 228,53 mm.

À medida que a precipitação aumenta há o aporte de carga difusa da bacia para o canal e como essa carga fica diluída pelo aumento da vazão do canal a DBO neste instante cai. No segundo momento quando há a diminuição da precipitação há a concentração da carga difusa e aumento da DBO, já que a carga difusa urbana, que fica concentrada, é rica em matéria orgânica e nutriente. A discrepância para o córrego Ibiraporã em julho, segundo informações da SABESP, foi ocasionada por um vazamento de esgotos sanitário durante a execução de intervenções na área.

Através da média aparada (Importante no caso do Córrego Ibiraporã devido à discrepância apresentada no mês de julho, já que elimina *outliers* - valores discrepantes) tem-se para o Córrego Ibiraporã a DBO média de 14mg/L no ano de 2011. Tem-se ainda que, segundo Larentis (2004), o valor da DBO para carga difusa no ambiente urbano é por volta de 12mg/L, como mostrado na Tabela 6 a seguir. Fazendo assim a comparação entre a DBO média observada no córrego Ibiraporã e a monitorada por Larentis (2004), podemos concluir que a DBO monitorada e condizente com o esperado.

Tabela 6: Concentração média estimada para poluição difusa (Adaptado de Larentis, 2004).

Concentração Média estimada para poluição difusa (mg/L)			
Tipo	DBO ₅	Nitrogênio Total	Fósforo Total
Urbano	12	2,2	0,7
Agrícola	6	0,8	0,15
Pastagem	3	0,8	0,1
Floresta	1	0,8	0,1
Água	0	0	0

A resolução CONAMA 357 (2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para enquadramento, prevê no caso de corpos d'água de água doce as seguintes condições de DBO para cada classe, apresentado na Tabela 7. A Ilustração 7 mostra o comportamento da DBO do córrego Ibiraporã no ano de 2011.

Tabela 7: DBO para diferentes classes de corpos d'água de água doce (Adaptado da CONAMA 357, 2005).

DBO para diferentes classes (mg/L)	
Classe Especial	Condições Naturais
Classe I	3,00
Classe II	5,00
Classe III	10,00

Portanto, Córregos despoluídos pela eliminação da carga pontual como o caso do córrego Ibiraporã poderiam ser enquadrados, através de uma análise grosseira baseada somente na sua DBO, em alguns meses do ano na Classe III, como podemos ver através da Ilustração 7. Considerando ainda que em média aproximadamente 12mg/L desta DBO seja proveniente da carga difusa, como vimos na Tabela 3, o controle desta carga poderia resultar em DBO's, na maior parte do ano, características de corpos d'água de Classe II e até mesmo de Classe I.

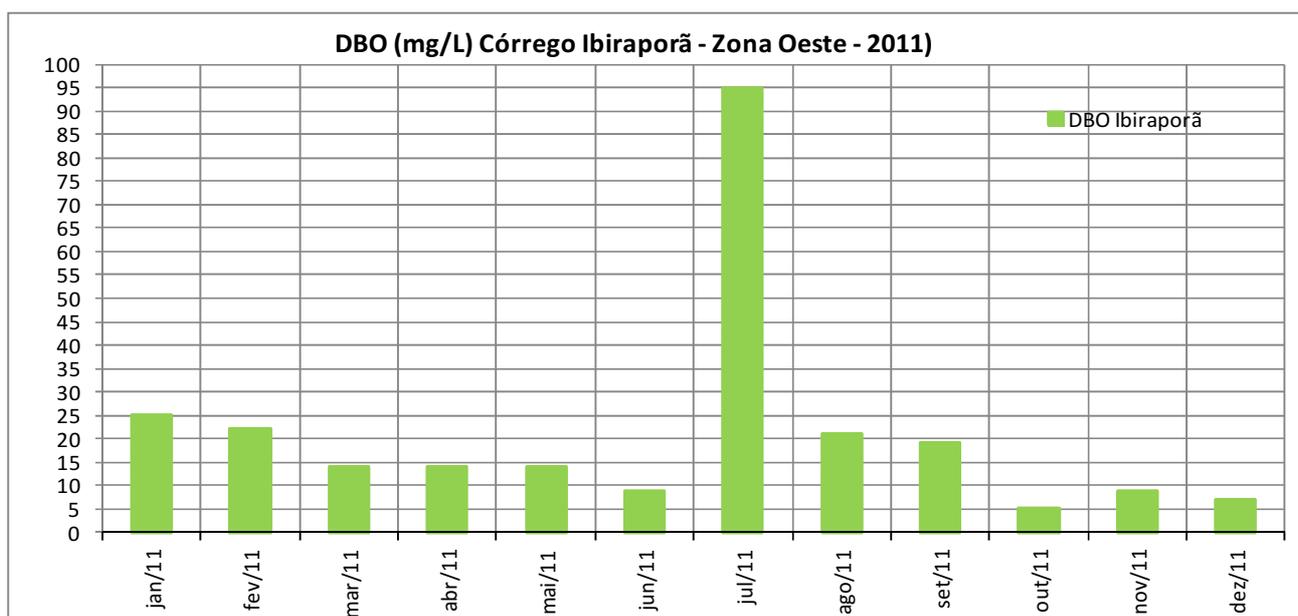


Ilustração 7: DBO do Córrego Ibiraporã em 2011.

Teste T

Para cálculo do valor t para o conjunto amostral do Córrego Ibiraporã e da Nascente do Sapé, primeiramente determinou-se a diferença entre a população amostral da DBO antes e depois das intervenções do programa. Na tabela 8 são mostradas as diferenças calculadas, bem como a DBO obtida nos períodos em questão.

Tabela 8 - DBO_{5,20} no período anterior às intervenções do programa e após a conclusão das intervenções do programa para os córregos Ibiraporã e Nascente do Sapé

Córrego Ibiraporã												
Antes (2009)	56	56	56	120	115	75	85	190	85	100	40	60
Depois (2011)	25	22	14	14	14	9	95	21	19	5	9	7
Diferença	31	34	42	106	101	66	-10	169	66	95	31	53
Nascente do Sapé												
Antes (2008)	95	50	160	70	48	155	189	140	140	190	160	230
Depois (2010)	15	8	8	44	44	9	9	30	68	14	14	14
Diferença	80	42	152	26	4	146	180	110	72	176	146	216

Adotando como hipótese H_0 = as intervenções não surtiram efeito sobre a DBO, temos a hipótese sendo rejeitada em ambos os casos pelo teste T paramétrico, no entanto com magnitudes diferentes, já que aplicando o teste T (Paramétrico) para duas populações amostrais pareadas, para um T crítico de Student de 1,833 (ZAR,1996), para o nível de significância 0,05 e grau de liberdade 23, obtivemos para o Córrego Ibiraporã o $t = 4,819$ e para a Nascente do Sapé o $t = 5,778$. Portanto é possível concluir que o processo de recuperação no Córrego Ibiraporã tem um grau de efetividade maior do que na Nascente do Sapé, corroborando a hipótese da influência positiva das *Best Management Practices (BMP's)* adotadas na sua bacia.

Unidade de Carga (UC)

Através de imagens aerofotogramétricas e de visitas às áreas de estudo, foi possível elaborar o mapa com a classe de uso do solo para a bacia da Nascente do Sapé e para a bacia do Córrego Ibiraporã. As Ilustrações 8 e 9 mostram a divisão de classes de uso para as áreas de estudo.

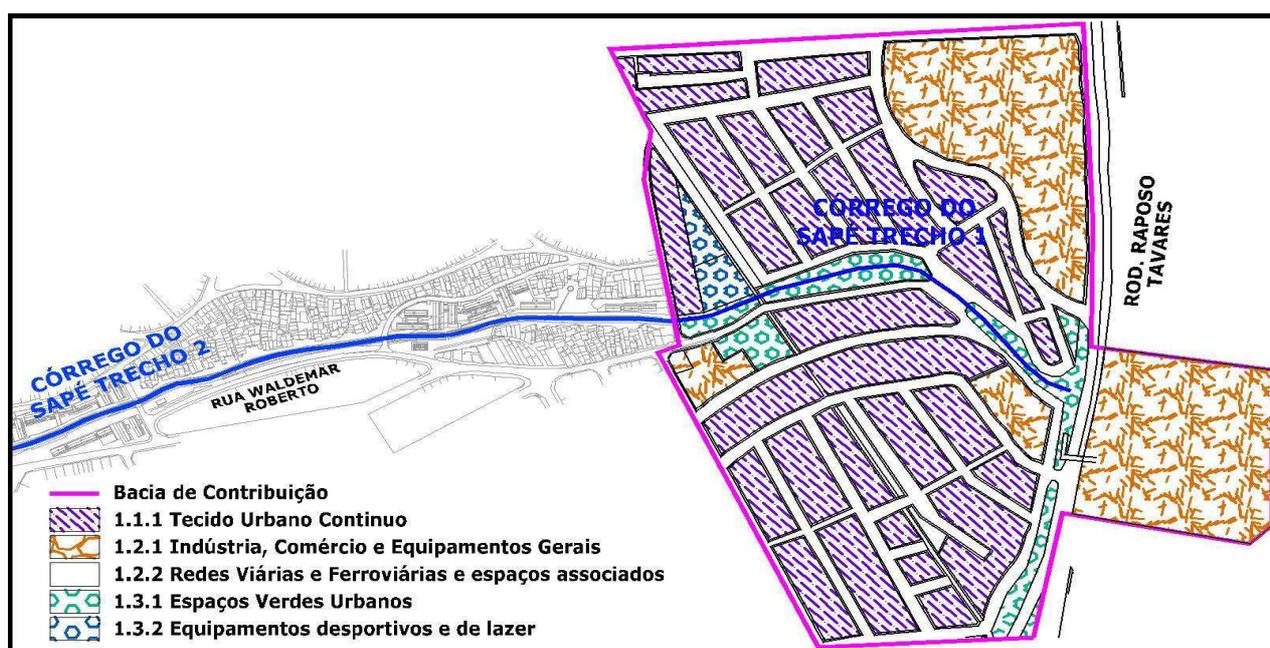


Ilustração 8 - Distribuição na bacia da Nascente do Sapé das classes de uso do solo do *Corine Land Cover (CLC)*.

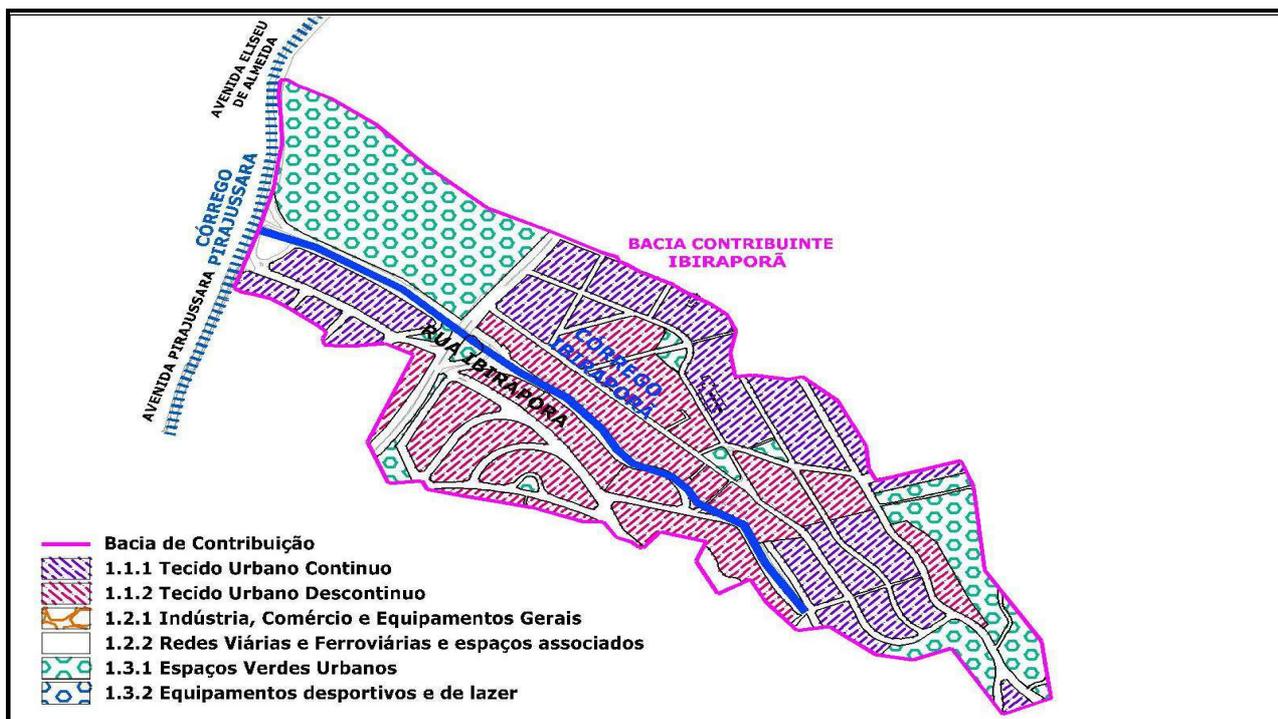


Ilustração 9 - Distribuição na bacia do Córrego Ibiraporã das classes de uso do solo do *Corine Land Cover (CLC)*.

Através da caracterização das bacias se podem notar as grandes diferenças entre elas, que além de possuírem tamanhos distintos, possuem ocupações também diferentes. Enquanto a bacia do Córrego Ibiraporã possui em sua bacia uma ocupação pouco adensada caracterizada por moradias de médio e alto padrão, com uma grande porção de espaços verdes e tráfego viário doméstico, a bacia da Nascente do Sapé possui uma ocupação residencial mais adensada, como moradias de baixo e médio padrão, espaços verdes restritos e tráfego viário intenso, devido à proximidade com a Rodovia Raposo Tavares. Há ainda o agravante, no caso da Nascente do Sapé, de estar próximo à área da Favela do Sapé, cuja qual esta passando por um processo de urbanização, o que torna ainda mais constante o tráfego de caminhões transportando materiais de construção civil.

Na Tabela 9 e 10, encontra-se a estimativa de produção de carga difusa na bacia da Nascente do Córrego do Sapé e do Córrego Ibiraporã.

Tabela 9 - Produção de carga difusa para as diferentes parcelas de classe de uso do solo na bacia da Nascente do Sapé, calculada pelo método da Unidade de Carga.

Produção das Classes de Uso do Solo para Bacia da Nascente do Sapé					
Classe	Área (Km ²)	N total (Kg/Km ² /dia)	P total (Kg/Km ² /dia)	Ss Total (Kg/Km ² /dia)	Carga Total Gerada (Kg)
Tecido Urbano Contínuo	0,1269	0,1616	0,0043	6,3433	6,5092
Industria, Comercio e Equipamentos Gerais	0,0904	0,1090	0,0029	4,2795	4,3915
Redes Viárias e Ferroviárias e espaços associados	0,3471	0,3050	0,0081	11,9718	12,2850
Espaços Verdes Urbanos	0,0251	0,0091	0,0002	0,3554	0,3647
Equipamentos desportivos e de lazer	0,0047	0,0022	0,0001	0,0859	0,0881
Total	0,5942	0,5870	0,0157	23,0359	23,6386

Tabela 10 - Produção de carga difusa para as diferentes parcelas de classe de uso do solo na bacia do Córrego Ibiraporã, calculada pelo método da Unidade de Carga.

Produção das Classes de Uso do Solo para Bacia do Córrego Ibiraporã					
Classe	Área (Km²)	N total (Kg/Km²/dia)	P total (Kg/Km²/dia)	Ss Total (Kg/Km²/dia)	Carga Total Gerada (Kg)
Tecido Urbano Contínuo	0,1505	0,1917	0,0051	7,5254	7,7222
Tecido Urbano Descontínuo	0,1812	0,1935	0,0052	7,5945	7,7932
Redes Viárias e Ferroviárias e espaços associados	0,6656	0,5849	0,0156	22,9567	23,5572
Espaços Verdes Urbanos	0,0586	0,0212	0,0006	0,8309	0,8526
Equipamentos desportivos e de lazer	0,1115	0,0518	0,0014	2,0349	2,0882
Total	1,1675	1,0432	0,0278	40,9423	42,0134

Pode-se notar que as produções de carga difusa das bacias são próximas (39,782 Kg/km²/dia na Nascente do Sapé e 35,986 Kg/km²/dia no Córrego Ibiraporã), portanto o grande diferencial na consolidação da despoluição dos seus córregos mostra-se mais uma vez resultado do programa de governança colaborativa implantado no Córrego Ibiraporã.

CONCLUSÃO

Através do estudo foi possível constatar que o monitoramento da DBO para fins de avaliação de redução de carga pontual é extremamente eficiente, já que como vimos houve redução significativa da DBO nos córregos, no período pós-intervenção do programa, além disso, a DBO sinaliza nos córregos despoluídos os instantes em que há lançamentos irregulares, como no caso do córrego do Sapé, se tornando eficiente ferramenta de gestão para controle da carga pontual.

O teste T paramétrico confirmou a diferença de médias das séries monitoradas antes e depois da execução do Programa. Este resultado é importante, pois mostra a necessidade de se ter como meta a qualidade da água do corpo hídrico e também a necessidade de tratar de forma mais abrangente o processo de despoluição. A atuação conjunta das duas entidades, PMSP e SABESP, permitiu tratar o problema de forma mais completa, resultando na reincorporação dos córregos à paisagem urbana, com melhoria ambiental e da qualidade de vida no seu entorno. O monitoramento contínuo dos córregos é importante para que haja a manutenção do sistema, não permitindo o retorno de condições de qualidade da água ruins e melhorando a gestão de bacias urbanas.

O estudo deixou claro como o envolvimento da população no processo de despoluição dos córregos urbanos, dentro do contexto de gestão integrada da bacia, é importante para efetividade dessas ações, uma vez que as bacias do programa, onde existe a governança colaborativa, vem apresentando melhores resultados no controle da DBO do que as demais. Tal efeito foi constatado no estudo através do histórico da DBO do Córrego Ibiraporã que é mais estável se comparada à DBO da Nascente do Sapé, onde há grandes discrepâncias no seu monitoramento da DBO em pontos isolados; e na quantificação da produção de carga difusa das bacias em estudo, já que apesar

de possuírem potenciais poluidores semelhantes, apresentaram consolidações distintas nos seus processos de despoluição.

Portanto, fica clara a importância de medidas de gestão colaborativa, que incorporem os princípios das *Best Management Practices* no controle da carga difusa na bacia, já que as bacias onde o programa implantou tais medidas apresentam melhores resultados na consolidação da despoluição de seus corpos d'água, como foi possível observar através do estudo.

BIBLIOGRAFIA

a) Livros

BRANCO, S. M. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária, São Paulo, 3 ed., CETESB/ASCETESB, 1986 - 616p.

BRAGA, Benedito et al. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Pince Hall, 2002. 73p.

CORTES, R.; PINTO, P.; FERREIRA, M. T.; MOREIRA, I. – Qualidade biológica dos ecossistemas fluviais. MOREIRA, I., FERREIRA, M.T. CORTES, R. M. V., PINTO, P. & ALMEIDA, P.R. (EDITORES) - Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos. Instituto da Água, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa, 2002.

MORENO, P.; FRANÇA, J.S.; FERREIRA, W.R.; PAZ, A.D.; MONTEIRO, I. & CALLISTO, M. *Use of the beast model for biomonitoring water quality in a Neotropical basin. Hydrobiologia* – 2009 - 225 a 250p.

MUNAFÒ, M et al., River pollution from non-point sources : a new simplified method of assessment. *Journal of Environmental Management*, 2005 Volume 77 – 90-99p.

NOVOTNY, Vladimir; OLEM, Harvey - Water quality: Prevention, identification and management of diffuse pollution – New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.

NOVOTNY, Vladimir, Water quality: Diffuse pollution and watershed management – 2ª Edição – New York: J. Wiley, 2003.

PORTO, Mônica F. Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas. TUCCI, C. E. M; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de Barros (Org.). Drenagem Urbana. In: Porto Alegre: ABRH e Editora da UFRGS, 1995 - 387-414p.

TOMAZ, Plínio. Livro: Poluição Difusa - Editora Navegar - São Paulo - 1ª Edição – Publicação: 2006. Cap. 3.

Zar, J. H. – *Biostatistical Analysis* (3 rd Ed). New Jersey: Prentice Hall, 1996 - 662p.

b) Artigo em revista

CHECCI, G.; MUNAFÒ, M.; BAIOTTO, F.; ANDREANI, P.; MANCINI, L. Estimating river pollution from diffuse sources in the Viterbo province using the potential non-point pollution index. *Annali dell' Istituto Superiore di Sanità*, Roma, v. 43, n. 3, p. 295 a 301 – 2007.

PORTO, Mônica F. Sistema de gestão da qualidade das águas: Uma proposta para o caso brasileiro – Escola politécnica da Universidade de São Paulo, 2002 – 130-135p.

c) Artigo em anais de congresso ou simpósio

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE ASSENTAMENTOS HUMANOS - HABITAT II, 2, 1996, Istambul. Relatório nacional brasileiro. Brasília, 1996.

d) Dissertações e Teses

LARENTIS, D. G. Modelagem Matemática da Qualidade da Água em Grandes Bacias: Sistema Taquari – Antas– RS. Dissertação de Mestrado. UFGRS. Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH, 2004.

LIMA, L.C.T.M. Simulação da Qualidade da Água em uma Bacia Hidrográfica: Aplicação a Bacia do rio Curu (CE). Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

STEINKE, V.A. - Identificação de áreas úmidas prioritárias para conservação da biodiversidade na Bacia da Lagoa Mirim (Brasil - Uruguai) : subsídio para gestão transfronteiriça – 2007 - Dissertação de mestrado - Disponível em: http://vsites.unb.br/ib/ecl/docentes/saito/Tese_Dout_Valdir_A_Steinke.pdf.

d) Normas e Manuais técnicos

CONAMA 357 de 17 de Março de 2005 – Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005.

Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais, voltado para análise de águas e esgotos sanitários e industriais. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária Laboratório de Saneamento “Profº Lucas Nogueira Garcez” – 2004.

e) Dados fornecidos

Histórico de precipitação para Zona Oeste no período de janeiro de 2007 a março de 2012 – SAISP – Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo - FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica.

SABESP, 2010 - “Prestação de Serviços Técnicos Especializados para Capacitação dos Técnicos para Implementação das Estratégias de Governança Colaborativa” - Diretoria Metropolitana da SABESP - São Paulo, maio de 2010.