

# MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS OLHOS D'ÁGUA E NASCENTES NA BACIA DO RIO BELÉM: Sub-Bacia da Barreirinha.

*Cleodenir Duarte Cardoso Alves Zanoni<sup>1</sup> & Harry Alberto Bollmann<sup>2</sup>*

**RESUMO** --- Esse artigo visa a avaliação das nascentes e olhos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Belém: Sub-Bacia da Barreirinha, localizada na região norte da cidade de Curitiba, compreendendo áreas com urbanização já consolidada, com coleta e tratamento de esgotos sanitários; regiões com urbanização em desenvolvimento, com ocupação descontrolada sem planejamento, e pequenas propriedades rurais. Para esta avaliação efetuou-se a localização das nascentes e olhos d'água, a qual foi materializada em carta georeferenciada. Complementarmente, coletaram-se amostras de água destes mananciais, para determinação da sua qualidade, aplicaram-se protocolos de avaliação dos impactos ambientais, informações de notável importância para um diagnóstico crítico desta região.

Considerando esses indicadores, pode-se evidenciar a degradação da qualidade ambiental das nascentes estudadas, uma vez que elas apresentam efeitos prejudiciais decorrentes da urbanização descontrolada da região e da falta de conscientização ambiental dos moradores.

**ABSTRACT** --- This article amines the evaluation of the water springs of the Hydrographic Basin of Belém River: The Sub- Basin of Barreirinha, located in the north region of Curitiba city, been in areas of already done urbanization, collection and sewage treatment; regions under urbanization development, with an unplanned uncontrolled occupation, and small rural properties. In order for this evaluation to be done, the water springs and water strings were accurately found and mapped in a geographic study. In adding into that, water samples were collected from those sources, so as environmental impact evaluation protocols were filled out, to determine its quality. Such information was seen as vital for the accurate critical diagnosis of the region quoted.

Considering these pointers, it might be easy to identify the degradation of the environmental quality while aiming the studied water sources, once they had already presented detrimental effects due the uncontrolled urbanization and the lack of environmental consciousness from the ones who have inhabited the area.

**Palavras-chave:** nascentes, impactos ambientais, qualidade das águas.

---

1) Engenheiro Ambiental formado pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PR. Av. Dom Jaime de Barros Câmara, 625, São Bernardo do Campo, SP, 09895-400., e-mail: cleude.dcaz@gmail.com.

2) Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professor do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e do Mestrado em Gestão Urbana da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, e-mail: harry.bollmann@pucpr.br.

# 1 - INTRODUÇÃO

Este artigo se desenvolverá sobre os princípios da Agenda 21 e ainda estará em concordância com duas das áreas de programas, propostas no capítulo 18, sendo elas: “Avaliação dos Recursos Hídricos” e “Proteção dos recursos hídricos, da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos”.

Nesta região, encontram-se nascentes e olhos d’água degradados pelo processo de ocupação descontrolada, aterradas ou canalizadas. A localização destas nascentes e olhos d’água só foi possível com a cooperação da população local. Então se procedeu o levantamento e alocação dos dados planialtimétricos em carta georeferenciada.

Foi ainda executada uma análise da qualidade das águas e avaliação dos impactos ambientais, informações de notável importância para um diagnóstico crítico desta região, e da Bacia Hidrográfica do Rio Belém como um todo.

## 2 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 2.1 – Efeitos da urbanização sobre a qualidade das águas em rios urbanos

Segundo Drew (1989), as áreas urbano-industriais apresentam a mais profunda modificação humana da superfície da Terra, da atmosfera e do ecossistema terrestre. Os efeitos urbanos são altamente intensivos e localizados, estando ainda o fluxo de energia e massa concentrados, sendo a maior parte da energia importada.

Virtualmente, todos os aspectos do ambiente são alterados pela urbanização, inclusive o relevo, o uso a terra, a vegetação, a fauna, a hidrologia e o clima. Como regra geral, a intensidade da mudança está ligada à densidade da área edificada e à extensão da industrialização (Drew, 1989).

Schueler e Herson-Jones (1995) *apud* Bollmann (2003) classificam os efeitos da urbanização sobre os mananciais superficiais segundo aspectos hidrológicos, morfológicos, ecológicos e qualitativos. Uma breve discussão sobre cada um destes aspectos é apresentada a seguir.

#### 2.1.1 Hidrologia

Segundo Mota (1997), a primeira ação do homem é a retirada da cobertura vegetal, descobrindo o solo, aumentando a erosão causada pelas águas e pelo vento. O solo descoberto é carregado para os mananciais provocando o assoreamento, causando: a redução da capacidade de escoamento; cheias; aumento da turbidez da água, e conseqüentemente a infiltração de luz solar; além de danos a vida aquática, como soterramento de ovos de peixes e outros organismos a aquáticos. Em terrenos com maior declividade, podem ocorrer sérios problemas de deslizamentos de encostas.

De acordo com Drew (1989), a densidade de drenagem urbana é três vezes maior que no meio rural. Dessa forma, cada gota de água tem de percorrer menos distância para atingir um canal do que no campo, o que, junto com a intensificação da água de escoamento, provoca maiores enchentes. Também são minimizados os processos hidrológicos que contribuem para retardar os fluxos de água para o rio, tais como a infiltração no solo, o deslocamento do fluxo subsuperficial e a recarga de água subterrânea.

Sobre a impermeabilização do solo decorrente da urbanização, discorre Mota (1997) que em áreas altamente urbanizadas poucos são os terrenos permeáveis restantes, estando grande parte do solo coberta por edificações e vias pavimentadas. Nessas áreas, a maior parcela da água precipitada escoar para o sistema de drenagem pluvial ou para os cursos e reservatórios de água, os quais nem sempre tem capacidade de suportar o aumento dessa contribuição. A impermeabilização do solo resulta, também, na redução da recarga dos aquíferos, com a diminuição do volume de água subterrânea. Outro impacto é a redução na evapotranspiração da água, com reflexos sobre o microclima: diminuição da umidade do ar, aumento da temperatura.

### 2.1.2 *Morfologia*

Em relação à morfologia dos rios urbanos, o efeito básico de modificação da morfologia dos canais dos cursos d'água reside no processo erosivo. Na medida em que a frequência e a intensidade dos eventos de cheia aumenta, a tensão trativa da água em relação às partículas de solo das margens e fundo dos canais aumenta, e com ela o potencial de erosão (BOLLMANN, 2003).

Os taludes dos rios urbanos respondem a este efeito. A partir da maior severidade e frequência das cheias, a tração nas margens tende a aumentar o seu potencial erosivo. Como resultado, pode-se observar a tendência de acomodação da seção transversal dos canais à maior vazão. Portanto, quanto mais intensos e frequentes os eventos de cheias, mesmo os que não extrapolam a caixa dos rios, maior é a desestabilização e erosão das suas margens e fundo. Como resultado desta acomodação, pode-se observar um processo de alargamento do canal e aumento da sua área transversal para permitir a passagem das águas do rio nos eventos de cheia. Outro problema relatado pelos autores se constitui no aumento do potencial de arraste do material erodido. Com isso, durante os eventos de cheia, evidencia-se uma maior quantidade de sólidos sendo carregados para os cursos d'água (BOLLMANN, 2003).

### 2.1.3 *Ecologia*

As alterações ecológicas oriundas da urbanização podem ser descritas como: redução da diversidade de macroinvertebrados bentônicos, redução da diversidade de peixes, redução da população de anfíbios, criação de barreiras à migração de peixes e degradação de nascentes e matas ciliares (BOLLMANN, 2003).

É possível notar a queda na diversidade não apenas das espécies consideradas sensíveis com crescentes índices de impermeabilização da área de drenagem. Similarmente, Booth (1991) *apud* Bollmann (2003), observou que, dos rios urbanos estudados, a maioria apresenta comprometimento das funções de habitat para as comunidades aquáticas quando a superfície impermeável excede 8 a 12 % da área total de drenagem.

#### 2.1.4 *Qualidade das águas*

Segundo Mota (2003), a utilização que o homem faz da água resulta em resíduos líquidos, os quais voltam novamente para os recursos hídricos. Por outro lado, a água que precipita carrega impurezas do ar e do solo às coleções superficiais ou subterrâneas de água, alterando a sua qualidade e causando sua poluição.

Segundo Porto (1995) *apud* Bollmann (2003), os problemas causados podem ser subdivididos em seis grandes categorias: alterações estéticas, depósitos de sedimentos, depleção da concentração de oxigênio dissolvido, contaminação por organismos patogênicos, eutrofização e danos devido à presença de tóxicos.

Para Mota (2003), a concentração de impurezas na água que precipita e escoar pela superfície em uma área urbana é bastante variável e depende, principalmente, de:

- uso do solo: residencial, comercial, industrial ou outros;
- atividades desenvolvidas pelo homem, na área: construções, movimentos de terra, tráfego de veículos;
- fatores hidrológicos: duração, quantidade e frequência da precipitação pluvial;
- características do ambiente físico: área pavimentada ou coberta, tipo de pavimentação ou cobertura, vegetação presente, estrutura e composição do solo.

Para Freedman e Dilks (1996) *apud* Bollmann (2003), os impactos do escoamento superficial nos corpos d'água dependem das características da bacia, do volume escoado, do tamanho e da natureza do córrego receptor, além do uso previsto.

A respeito das contaminações pontuais, mais especificamente por esgotos domiciliares, Mota (2003) pondera que os esgotos sanitários compreendem os resíduos líquidos provenientes de instalações sanitárias, lavagem de utensílios domésticos, lavagens de roupas, ou outras atividades desenvolvidas nas habitações, prédios comerciais e prédios públicos. Caracterizam-se pela grande quantidade de matéria orgânica que contém o que causa redução do oxigênio dissolvido na água que as recebe, como resultado de sua estabilização pelas bactérias. São várias as doenças que podem ser veiculadas pela água comprometida pelo lançamento de esgotos sanitários, tanto pela ingestão como pelo contato através da pele e mucosas.

### **3 – ESTUDO DE CASO BACIA DO BELÉM: SUB-BACIA DA BARREIRINHA**

Da mesma forma como a maioria dos grandes centros urbanos brasileiros, Curitiba apresenta um processo de urbanização ao longo de seus rios. E, geralmente, o desenvolvimento urbano se dá de forma rápida e intensa impossibilitando a tomada de ações que induzam a manutenção e preservação dos recursos hídricos. Além disso, as pressões antrópicas contínuas sobre a Bacia do Rio Belém ao longo dos anos trouxeram como consequência um alto grau de degradação ambiental, com prejuízo à biodiversidade, ar e solo, além de problemas de saúde pública como enchentes e proliferação de vetores (MENEZHINI, 2005, p.28).

Segundo Fendrich (2002), A Bacia Hidrográfica do Rio Belém esta localizada geograficamente desde as nascentes (Cota Topográfica = 990,00m) até a foz (Cota Topográfica = 870m), dentro dos limites geográficos da cidade de Curitiba, sendo tributário da margem direita do Rio Iguaçu. Seu talvegue principal desenvolve-se segundo a orientação Norte-Sul, cortando regiões de alto grau de densidade populacional como bairros periféricos das Zonas Norte e Sul e a Zona Central da cidade de Curitiba.

A situação atual da Bacia Hidrográfica do Rio Belém, em termos ambientais, tornou-se preocupante e ao mesmo tempo desafiadora. A constante urbanização nos arredores da bacia sem um planejamento adequado acarretou em uma grande degradação ambiental. Soluções para esse problema existem, mas tornam-se inviáveis frente o grau de urbanização atingido na área da bacia. A única área que, teoricamente, ainda se encontra em condições de se elaborar um planejamento ambiental, é delimitada entre as nascentes do Rio Belém até as imediações do Parque São Lourenço (MORONA, 2005 p. 20).

Ainda segundo Morona (2005), a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Belém, objeto desse estudo, Figura 1, é delimitada ao norte pela área de nascente que se situa no bairro Cachoeira, mais precisamente no Parque das Nascentes (que é na realidade o limite com o município de Almirante Tamandaré), e ao sul pelo Parque São Lourenço, situado no bairro com o mesmo nome, além de outros três bairros que estão inseridos parcialmente na sub-bacia (Abranches, Taboão e Pilarzinho). A área de drenagem da sub-bacia é de 4,2 Km<sup>2</sup> e população de aproximadamente 15.000 moradores. Possui uma densidade populacional baixa, se comparada com o restante da bacia. Isto faz com que, provavelmente, os impactos ambientais também sejam de menor intensidade. O número de domicílios e a degradação ambiental também tendem a ser menores.

#### **3.1 – Águas subterrâneas**

Segundo Kropiwiec e França (2005), na região estudada, bairro São Lourenço, há um poço que retira a água subterrânea de um aquífero freático para o abastecimento de água do bairro. Num

Aqüífero livre ou freático, a pressão da água na superfície da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica, com a qual se comunica livremente. São os aquíferos mais comuns e mais explorados pela população. São também os que apresentam maiores problemas de contaminação.

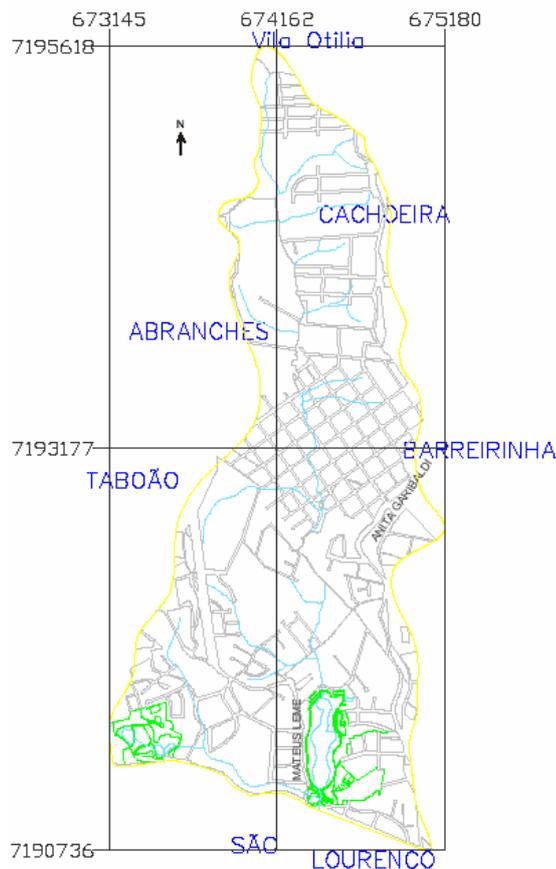


Figura 1 – Microlocalização da região estudada.

Fonte: (COMEC, 2000).

De acordo com o tipo geológico da região, pode-se classificar o aquífero da região como sendo um aquífero fraturado ou fissurado que ocorre em rochas ígneas e metamórficas. Poços perfurados nestas rochas fornecem poucos metros cúbicos de água por hora, como se pode avaliar pela vazão máxima apresentada pelo poço do São Lourenço (KROPIWIEC e FRANÇA, 2005).

Kropiwiec e França (2005) ainda aponta que, apesar do poço do São Lourenço pertencer ao Aquífero Freático, no qual a contaminação das águas é considerada problema comum, a qualidade das águas fornecidas por ele é considerada de boa qualidade pela SANEPAR, que garante a potabilidade para o consumo humano.

### 3.2 – Águas superficiais

O IAP - Instituto Ambiental do Paraná efetua regularmente o monitoramento da qualidade das águas em bacias hidrográficas do Alto Iguaçu. As variáveis consideradas são relativas a aspectos de qualidade físico-química, bacteriológica e ecotoxicológica das águas. Estes resultados estão apresentados de forma unificada, pretendendo expandir o conceito de qualidade das águas, e

permitir comparações espaciais e temporais entre os diversos sistemas existentes na Região Metropolitana de Curitiba (IAP, 2005).

O Quadro 1 apresenta, para região estudada, a denominação e localização do ponto amostral, bem como a Classe proposta para o rio, para este monitoramento efetuado pelo IAP.

Quadro 1 – Localização da estação de amostragem e respectiva classe de acordo com a Portaria SUREHMA nº 20/92.

Estação	Rio	Localização	Município	Classe SUREHMA
Subsistema 3 – Afluentes da Margem Direita do Rio Iguaçu				
AI56	Belém	Montante Parque. S. Lourenço	Curitiba	2

Fonte: (IAP, 2005).

Os resultados obtidos na avaliação da qualidade integrada das águas no ponto amostral em cada período analisado estão resumidamente indicados por subsistema na Quadro 2. A qualidade representativa de cada subsistema pode ser obtida pela mediana dos resultados observados nos respectivos pontos amostrais (IAP, 2005).

Quadro 2 – Resultados da avaliação integrada da qualidade das águas para o ponto estudado.

SUBSISTEMA 3		Avaliação Integrada da Qualidade das Águas				
CÓDIGO	RIO	Mar/92 - Fev/95	Mar/95 - Fev/97	Mar/97 - Fev/99	Mar/99 - Fev/01	Mar/01 - Fev/05
AI56	Belem	0,96 <b>POLUÍDO</b>	0,89 <b>POLUÍDO</b>	0,95 <b>POLUÍDO</b>	0,95 <b>POLUÍDO</b>	0,95 <b>POLUÍDO</b>
0,0 – 0,2	Qualidade das águas compatível com CLASSE 1 (Resolução CONAMA 20/86)					
0,2 – 0,4	Qualidade das águas compatível com CLASSE 2 (Resolução CONAMA 20/86)					
0,4 – 0,6	Qualidade das águas compatível com CLASSE 3 (Resolução CONAMA 20/86)					
0,6 – 0,8	Qualidade das águas compatível com CLASSE 3 (Resolução CONAMA 20/86)					
0,8 – 1,0	Qualidade das águas compatível com CLASSE 4 (Resolução CONAMA 20/86)					
1,0 – 1,4	Qualidade das águas FORA DE CLASSE (Resolução CONAMA 20/86)					

Fonte: (IAP, 2005).

Para melhor observar a variação da qualidade das águas do ponto amostral nos períodos amostrais considerados, é também apresentada a Figura 2. O gráfico mostra a variação dos valores medianos dos valores da avaliação integrada da qualidade das águas. Assim pode-se constatar o comprometimento da qualidade das águas da sub-bacia da Barreirinha, caracterizando-se como poluída em todos os períodos amostrais.

## 4 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 – Localização das nascentes

Para a localização das nascentes realizaram-se visitas a campo, com base no mapa COMEC (2000), desenvolvido pela Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (COMEC), a partir de restituição de fotos aéreas.

Para a obtenção das coordenadas UTM das nascentes, utilizou-se um aparelho de GPS GARMIN ETREX, considerando um erro médio de 15 m.

## 4.2 – Avaliação de condutividade

A avaliação de condutividade foi feita através de visitas a campo para a coleta de amostras.

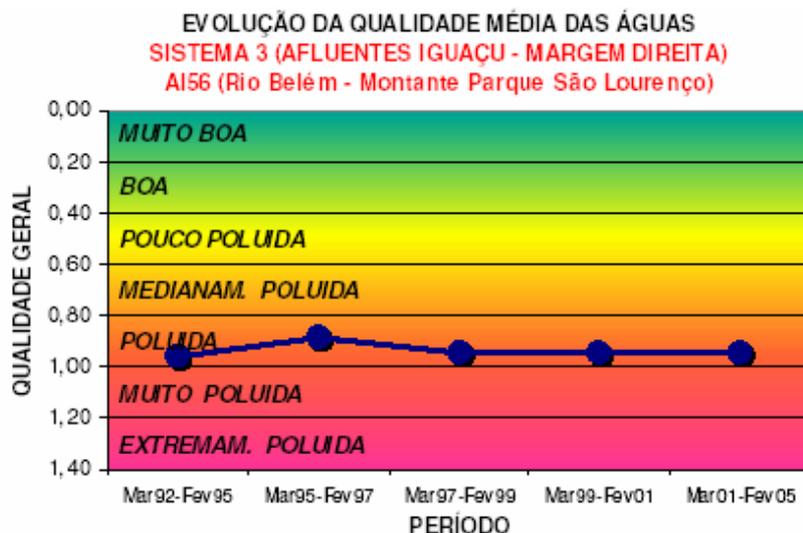


Figura 2 – Evolução da qualidade média das águas no ponto estudado.

Fonte: (IAP, 2005).

A condutividade representa a capacidade de condução da energia elétrica pela água a 25°C, expressa em micro-Siemens/cm. É originada da presença de sais dissolvidos na água na forma de íons dissociados eletroliticamente. Estes íons podem ter origem antropogênica (descargas industriais, esgotos domésticos provenientes de residências e do comércio) ou geogênica (decomposição de rochas). A carga de sais na água é composta por cátions (Sódio, Cálcio, Magnésio e Potássio) e ânions (Cloreto, Sulfato, Bicarbonato, Carbonato e Nitrato). Altas cargas de sais na água tem seus efeitos negativos principalmente em períodos de baixa vazão (IAP, 2005).

A Condutividade pode afetar as comunidades aquáticas, pois cada biocenose é composta de organismos fisiologicamente diferentes e sua regulação pode ser dependente do teor destes sais, segundo o FATMA (1999) *apud* IAP (2005).

A coleta em campo foi feita segundo os procedimentos de coleta, preservação, acondicionamento e transporte ao laboratório constantes em APHA, AWWA, WPFC (1999). As determinações de laboratório foram efetuadas com um condutivímetro QUIMIS Q-405M com metodologia igualmente constante em APHA, AWWA, WPFC (1999).

## 4.3 – Avaliação dos impactos ambientais

Precisou-se estruturar uma planilha de avaliação dos impactos ambientais em cada nascente com base nos elementos perceptivos mais significativos. O Quadro 3 mostra a planilha usada.

## 4.3 – Avaliação do índice de influência humana

Em adição à planilha de impactos ambientais, aplicou-se para cada nascente o Índice de Influência Humana (IIH) estabelecido em Karr e Chu (1999), com o objetivo de observar a



Para alguns dos pontos das nascentes, coletaram-se amostras para avaliação da qualidade das águas em laboratório e aplicação do Índice de Qualidade das Águas da National Sanitation Foundation. Os procedimentos de coleta de amostras e determinações laboratoriais seguiram APHA, AWWA, WPCF (1999).

A seleção das nascentes a serem submetidas à avaliação através do Índice da Qualidade das Águas deu-se a partir da avaliação da condutividade, pela qual as nascentes foram agrupadas em quatro classes, Quadro 6. Definiu-se, então, que a avaliação da qualidade das águas, pelo IQA, seria efetuada nas nascentes de melhor e pior condição de cada classe.

Quadro 6 – Classificação de acordo com a condutividade.

Classes	Baixa	Média baixa	Média alta	Alta
$\mu\text{S/cm}$	< 100	100 - 200	200 - 500	> 500

O Índice de Qualidade das Águas (IQA), conceitualmente, é o número resultante de uma síntese de valores de vários parâmetros físico-químicos e biológicos, de qualidade, e fornece uma indicação relativa da qualidade da água em diferentes pontos no espaço e/ou tempo (ISAM, 1999).

O cálculo deste índice foi efetuado com auxílio do software IQA 5.0, que exige pelo menos um computador 486DX2 66 com 8MB de memória e sistema operacional Windows 95 (ISAM, 1999).

## **5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 – Localização das nascentes**

Com base no mapa, COMEC (2000), deu-se o levantamento por GPS das coordenadas UTM das dezoito principais nascentes e olhos d'água da região. No entanto, em dois desses pontos não se encontrou a nascente, por estarem em uma área com a urbanização já consolidada próximo à Igreja da Barreirinha, e talvez estarem completamente alterados, canalizados ou aterrados. Estes dados foram alocados no mapa com o resultado apresentado na Figura 3.

Apesar da pouca precisão do equipamento de GPS, que distorceu a exata localização dos pontos, essas coordenadas servem para nortear uma futura busca por esses locais, facilitando assim seu monitoramento, uma atividade de grande importância para a melhoria da qualidade ambiental dessas nascentes.

### **5.2 – Avaliação de condutividade**

Efetuuou-se a coleta para a determinação da condutividade em treze dos dezesseis pontos localizados, visto que o Ponto F não apresentou vazão mínima necessária para a coleta da amostra devido ao período de estiagem, e também pela impossibilidade de efetuarem-se as leituras para os pontos J e M, uma vez que o condutímetro utilizado quebrou no decorrer deste trabalho. O

Quadro 7 apresenta os valores obtidos para a condutividade nos outros quinze pontos estudados. Agruparam-se os dados de condutividade em classes como demonstra o Quadro 8.

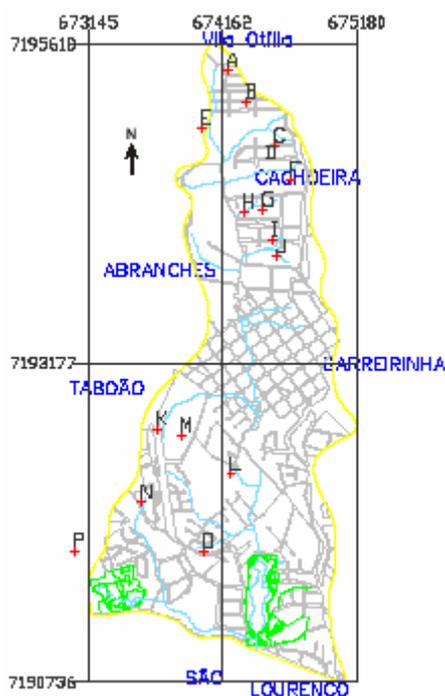


Figura 3 – Mapa dos pontos estudados.

Quadro 7 – Valores da determinação de condutividade.

Pontos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	N	O	P
Condutividade (µS/cm)	642	332	70,3	49,2	191,4	Não se efetuou a coleta	150,2	78,5	111,4	1045	253	247	217	87,7

Quadro 8 – Classificação dos valores de condutividade.

Classes	Alta	Média alta	Média baixa	Baixa
Condutividade (µS/cm)	>500	200-500	100-200	<100
Pontos	A, K	B, L, N, O	E, G, I	C, D, H, P

Com base nessa classificação, determinou-se que a avaliação da qualidade das águas, através do Índice de Qualidade das Águas, dar-se-ia nos pontos de menor e maior condutividade de cada uma dessas classes, ou seja, nos pontos A, B, D, E, I, K, O e P. A partir dessa classificação, efetuou-se um mapa apresentado na Figura 4.

Apesar de alguns pontos apresentarem valores considerados baixos de condutividade a situação das nascentes é alarmante, visto que aproximadamente metade dos pontos encontram-se seriamente prejudicados, ou por despejos pontuais de esgotos sanitários, como é o caso do ponto K de maior condutividade, ou por maior susceptibilidade à contaminação difusa pela remoção da mata ciliar e maior exposição do solo a montante, como o ponto A.

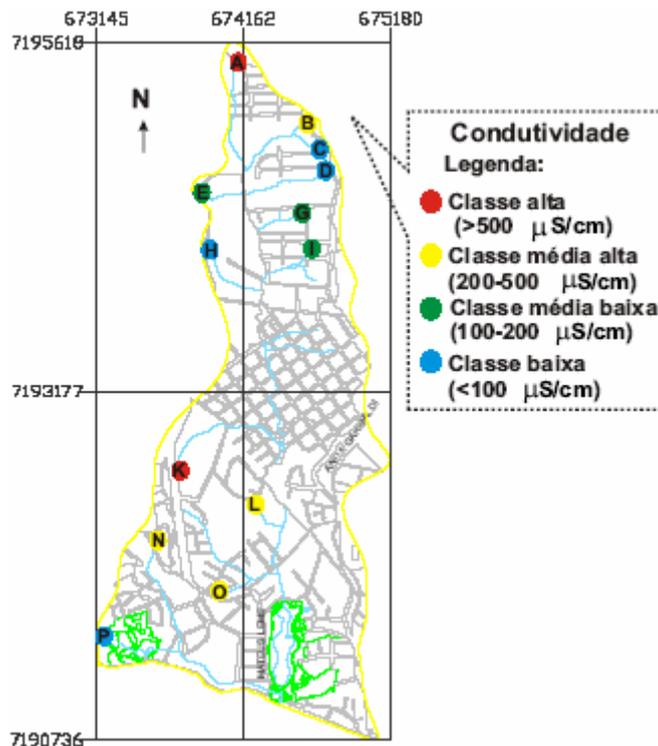


Figura 4 – Mapeamento de acordo com a condutividade.

### 5.3 – Avaliação dos impactos ambientais

Aplicou-se a planilha de avaliação de impactos ambientais para os dezesseis pontos estudados, e os resultados obtidos foram agregados tanto pelo somatório quanto pelo produtório, como demonstra o Quadro 9. Já o Quadro 10 apresenta os impactos ambientais visualizados.

Quadro 9 – Valores obtidos pela avaliação de impactos ambientais.

Pontos		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Avaliação de Impactos Ambientais	Somatório	53	42	39	31	32	30	34	21	52	41	45	51	30	40	47	28
	Produtório	252	189	138	114	144	108	198	90	231	183	252	207	114	156	164	84

No decorrer desse trabalho foram visualizados 18 impactos diferentes, para melhor compreensão do que se considerou como cada impacto, segue uma breve descrição dos mesmos:

- Desmatamento, remoção da cobertura florestal nativa e mata ciliar total ou parcialmente pela urbanização, intensificando processos erosivos e o assoreamento.
- Erosão, carreamento do solo, causado pela ação das chuvas e dos ventos, intensificado pela remoção da cobertura vegetal devido a urbanização da região.
- Assoreamento, deposição de sedimentos ou resíduos de poda das margens no fundo do corpo d'água, intensificado pela erosão decorrente da exposição do solo a montante da nascente.

- Urbanização intensa, ocupação da nascente, com edificações e aterramento da mesma, sem qualquer preservação da mata ciliar ou recuo, Figura 5.

Quadro 10 – Classificação em relação ao grau de impactos ambientais.

Impactos ambientais notados	Pontos comprometidos
Disposição de resíduos sólidos	C, D, E, F, I, J, K
Assoreamento	A, C, K, L, O
Aporte de esgotos sanitários	E, F, J, K, L
Introdução de espécies exóticas	F, H, I, N, O
Disposição de resíduos da construção civil	A, E, J, O
Ocupação de encostas	A, F, G, P
Urbanização intensa	B, G, I, L
Desmatamento	B, H, N, P
Alteração do corpo d'água - canalização	B, I, L, O
Disposição de resíduos de poda de árvores	A, C, K
Erosão	A, L, P
Ocupação do fundo de vale	J, N, O
Alteração do corpo d'água - barragem	C, D
Aporte de efluente de tanque doméstico	B
Disposição de resíduos de ferro velho	D
Alteração do corpo d'água – tanque	G
Eutrofização	I
Alteração do corpo d'água – poço	N



Figura 5 – Foto da urbanização intensa.

- Ocupação de encostas, urbanização a montante da nascente, num raio de aproximadamente 50 m, aumentando o risco de deslizamentos de terra.
- Ocupação do fundo de vale, urbanização a jusante da nascente, num raio de aproximadamente 50 m, aumentando o risco de enchentes e danos ao patrimônio.
- Disposição de resíduos sólidos, destinação inadequada de resíduos domiciliares e comerciais na nascente, ou na região ao redor desta (raio de aproximadamente 50 m).
- Disposição de resíduos da construção civil, destinação inadequada de entulho na nascente, ou em um raio de aproximadamente 50 m.

- Disposição de resíduos de poda de árvores, destinação inadequada de resíduos de poda de arvores na nascente, ou em um raio de aproximadamente 50 m.
- Disposição de resíduos de ferro velho, destinação inadequada de componentes veiculares contaminando o solo e a água, pois diversos componentes contem substâncias perigosas, como metais pesados, Figura 6.



Figura 6 – Foto da disposição de resíduos de ferro velho.

- Aporte de esgotos sanitários, comprometimento da nascente pelo derramamento de esgotos sanitários domiciliares devido à falta de rede coletora, descontinuidades ou vazamentos na rede, Figura 7.



Figura 7 – Foto do aporte de esgotos sanitários.

- Aporte de efluentes de tanque doméstico, destinação “in natura” de efluentes de tanques de lavar roupas, ricos em detergentes, que apresentam alta concentração de fósforo.
- Eutrofização, aporte de nutrientes causando um desequilíbrio biológico, nesse caso específico devido à criação de peixes em um laguinho que se forma a montante de uma das nascentes.
- Alteração do corpo d'água – canalização, alterando as características do corpo d'água, em conduto aberto ou fechado, em um raio de aproximadamente 50 m da nascente.
- Alteração do corpo d'água – barragem, interrupção do regime de escoamento natural do corpo d'água através da construção de uma barragem, que pode ser em solo ou qualquer outro material, alterando a vazão natural da nascente e o regime de sedimentos, Figura 8.



Figura 8 – Foto da alteração do corpo d'água – barragem.

- Alteração do corpo d'água – tanque, construção de um tanque para a utilização da água das nascentes, alterando o regime de vazões, sedimentos, e as funções de habitat.
- Alteração do corpo d'água - poço, construção de um poço, segundo os moradores para a preservação da qualidade da água das nascentes, comprometendo as funções de habitat o e regime de sedimentos.
- Introdução de espécies exóticas (introdução de espécies da flora que não são nativas da região) na nascente ou em um raio de aproximadamente 50 m, sendo as mais comuns o bambu e o pinus.

Dos impactos decorrentes da remoção da cobertura vegetal os mais frequentes são o desmatamento e o assoreamento, sendo que cada um atinge cerca de 30% das nascentes, o que caracteriza o alto grau de ocupação da região.

Constata-se que cerca de 70% das nascentes estudadas estão diretamente impactadas pela ocupação da região, ou pela urbanização intensa que aterra e ocupa a região da nascente, ou pela ocupação de encostas e do fundo de vale próximos, que podem acarretar deslizamentos de terra e inundações.

O impacto ambiental mais recorrente é a disposição inadequada de resíduos sólidos, comprometendo mais de 40% das nascentes, retratando a falta de conscientização dos moradores da região. O ponto D é o mais gravemente poluído por resíduos devido à presença de um ferro velho abandonado vizinho a nascente, a aproximadamente 30 m, que além de diversos componentes veiculares também apresenta muito lixo domiciliar.

O aporte de esgotos sanitários também prejudica a qualidade das nascentes, atingindo cerca de 30% dos pontos estudados. Cabe salientar o caso do ponto K que encontra-se muito contaminado por esgotos sanitários, fato comprovado pelo alta condutividade e o pior valor para o índice de qualidade das águas.

As alterações dos corpos d'água (como barragem e canalização) comprometem as funções de habitat e a qualidade das águas, alterando o regime de sedimentos, em metade das nascentes estudadas.

Outro impacto ambiental recorrente nos pontos estudados é a introdução de espécies exóticas, constatado em aproximadamente 30% das nascentes, sendo que as principais espécies introduzidas são o bambu e o pinus.

Os pontos também foram agrupados em classes referentes aos valores da agregação da matriz de avaliação de impactos ambientais, tanto pelo somatório quanto pelo produtório, conforme o Quadro 11. A partir daí, elaboraram-se mapas em relação a essa classificação para o somatório e para o produtório, Figura 9.

Quadro 11 – Classificação em relação ao grau de impactos ambientais.

Classes	Somatório	Pontos	Produtório	Pontos
Baixo impacto	< 20		< 100	H, P
Médio impacto	20 - 40	C, D, E, F, G, H, M, N, P	100 - 200	B, C, D, E, F, G, J, M, N, O
Alto impacto	>40	A, B, I, J, K, L, O	> 200	A, I, K, L

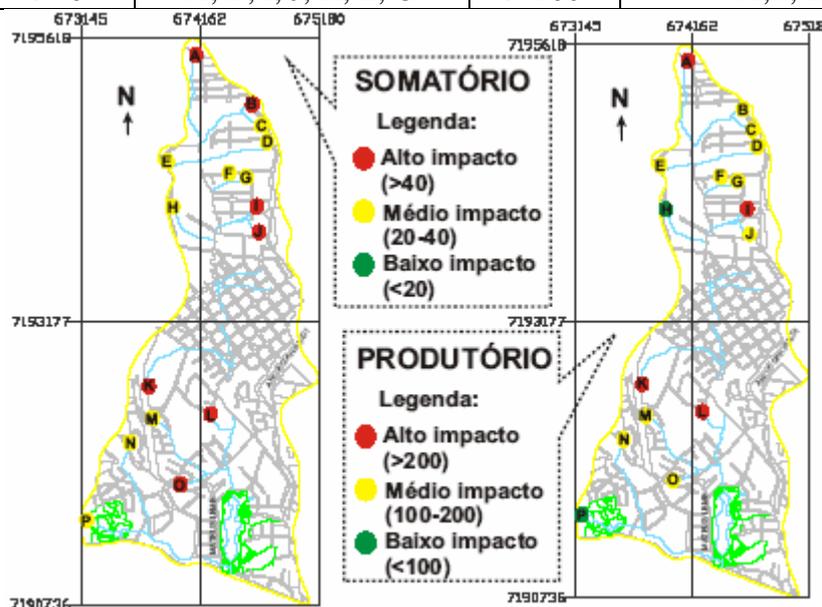


Figura 9 – Mapa de classificação dos impactos ambientais (somatório e produtório).

Esta classificação comprova que todas as nascentes encontram-se muito impactadas, uma vez que independente da forma de agregação (somatório ou produtório) a maioria dos pontos classificam-se como médio impacto ou alto impacto.

### 5.3 – Avaliação do índice da influência humana

Aplicaram-se os protocolos de avaliação da influência humana nos dezesseis pontos estudados, e os resultados estão dispostos na Quadro 12. Os valores do índice de influência humana (IIH) foram agrupados em classes, conforme o Quadro 13, e dispostos no mapa, Figura 10.

Essa classificação demonstra duas classes predominantes em relação ao Índice de Influência Humana: a classe alta, que indica pontos muito poluídos por esgotos sanitários ou por resíduos da construção civil, e a classe baixa, caracterizando nascentes pouco poluídas por resíduos domiciliares. Isso demonstra uma limitação desse indicador, uma vez que parâmetros que indicam a

intensidade da ocupação, como a tipologia da vegetação ciliar, tem um peso reduzido na determinação desse indicador.

Quadro 12 – Resultados do índice de influência humana.

Pontos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
IIH	23	18	5	16	19	12	4	2	18	20	23	24	4	6	23	5

Quadro 13 – Classificação dos resultados do índice de influência humana.

Classes	Alta	Média alta	Média baixa	Baixa
IIH	De 19 a 24	De 13 a 18	De 7 a 12	De 1 a 6
Pontos	A, E, J, K, L, O	B, D, I	F	C, G, H, M, N, P

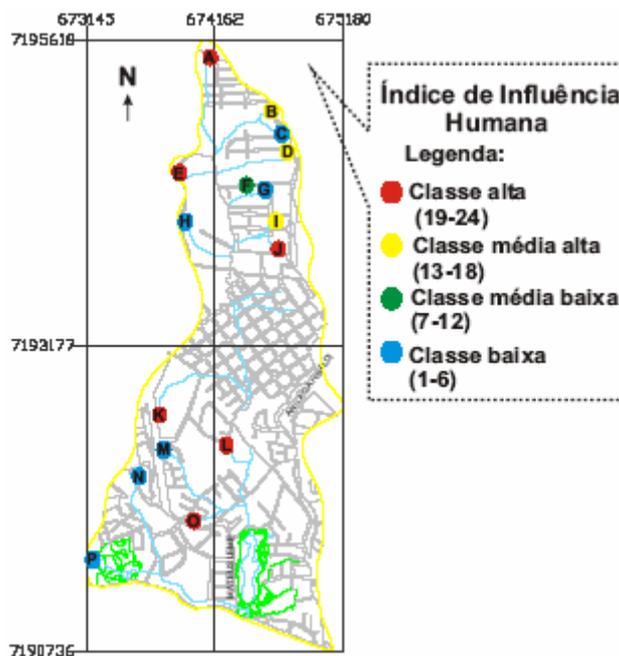


Figura 10 – Mapa de classificação segundo o índice de influência humana.

#### 5.4 – Avaliação da qualidade das águas

Para os pontos determinados a partir da avaliação de condutividade, efetuaram-se as determinações necessárias para o cálculo do Índice de Qualidade das Águas. Os resultados obtidos estão dispostos no Quadro 14. Classificaram-se os resultados utilizando faixas de qualidade tendo em vista o abastecimento público, faixas estas estabelecidas pela Cetesb, conforme Quadro 15. Os resultados foram alocados no mapa da Figura 11.

Quadro 14 – Resultados do índice de qualidade das águas.

Pontos	A	B	D	E	I	K	O	P
IQA	32,929	52,541	35,677	60,665	42,77	17,381	58,775	44,217

Com base nesses índices de qualidade das águas, pode-se constatar diferentes situações para as nascentes estudadas, variando desde a classe imprópria (de pior qualidade das águas) no ponto K, que se encontra poluído por esgotos sanitários, até a classe boa, para os pontos E e O.

Quadro 15 – Classificação dos resultados do índice de qualidade das águas.

Classes	Ótima	Boa	Aceitável	Imprópria para o tratamento convencional	Imprópria
IQA	80-100	52-80	37-52	20-37	0-20
Pontos		E, O	B, I, P	A, D	K

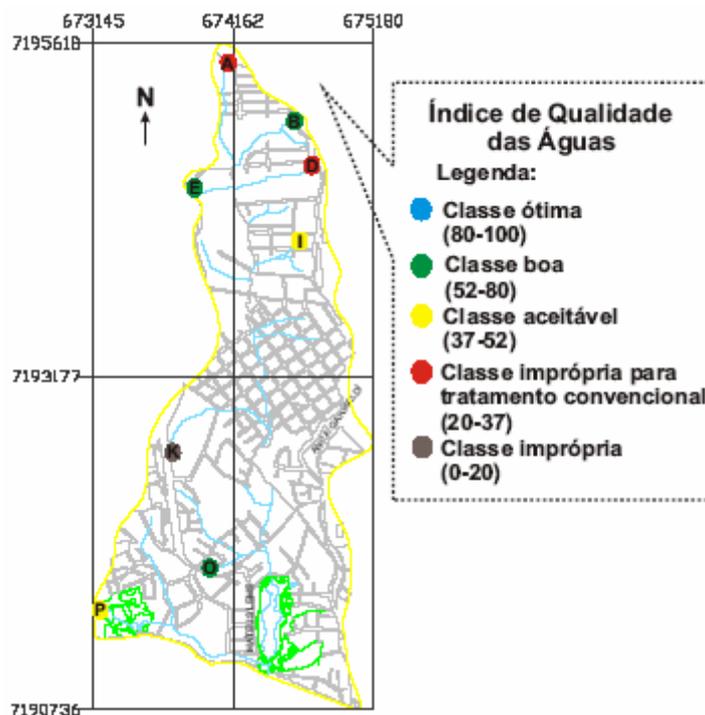


Figura 11 – Mapa de classificação segundo o índice de qualidade das águas.

No entanto o índice pode não retratar a condição geral dessas nascentes, pois o ponto E, apesar da preservação da mata ciliar, está comprometido pela disposição inadequada de resíduos sólidos e contaminado por esgotos sanitários devido a um vazamento da rede coletora cerca de 50m a jusante da nascente. Já o ponto O encontra-se em uma região completamente ocupada.

## 6 – CONCLUSÕES

Para que se tenha um diagnóstico integrado com base nos indicadores estudados, é necessário, em primeiro lugar, avalia-los separadamente para depois vislumbrá-los de maneira geral.

Em relação à avaliação segundo a condutividade, constata-se que metade dos pontos estão contaminados, ou por lançamentos pontuais, ou pela poluição difusa decorrente da urbanização intensa da região, destacando o caso do ponto K, que apresenta o maior valor de condutividade por estar extremamente contaminado pelo aporte de esgotos sanitários.

Os impactos percebidos ratificam o alto grau de urbanização da região, haja vista que todas as nascentes estão, de algum modo, depreciadas pela ação antrópica, direta ou indiretamente. Isso altera a qualidade das águas, contamina o solo, prejudica as funções de habitat e potencializa os riscos naturais, como enchentes e deslizamentos de terra.

Segundo a avaliação pelo índice de influência humana, conclui-se que, apesar de uma falha nesse indicador já ter sido apresentada, metade dos pontos está altamente comprometida pela influência humana, como não poderia deixar de ser tendo em vista a intensidade da ocupação da região.

De maneira geral, a qualidade das águas das nascentes pode ser considerada ruim, visto que a maioria dos pontos é classificada como aceitável ou de classificação inferior, e em nenhuma das nascentes a água foi classificada como ótima, retratando a deterioração da qualidade das águas das nascentes.

Considerando esses indicadores, pode-se evidenciar a degradação da qualidade ambiental das nascentes do Rio Belém, uma vez que todos os pontos de alguma maneira apresentam efeitos prejudiciais decorrentes da urbanização descontrolada da região e da falta de conscientização ambiental dos moradores.

Cabe ainda recomendar que as ações devem ser intensificadas nos pontos de pior condição ambiental, sendo esses o ponto A, que sofre a influência do alto grau de exposição do solo a montante, o ponto K, completamente contaminado por esgotos sanitários, e o ponto D, que além de estar alterado por uma barragem do corpo d'água, apresenta um lixão abandonado a montante.

## BIBLIOGRAFIA

- APHA, AWWA, WPCF. (1999). “*Standard methods for the examination of water and wastewater*”. Washington, D.C, 21 ed.
- BOLLMANN, H. A. (2003). “*Relação de densidade populacional sobre variáveis de qualidade físico-química das águas superficiais em microbacias hidrográficas urbanas sem cobertura sanitária em Porto Alegre – RS*”. Porto Alegre, 145 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- COMEC. (2000). “*Mapa de arruamento da região metropolitana de Curitiba*”. Curitiba, Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. CD-ROM Produzido por COMEC.
- DREW, D. (1989). “*Processos Interativos Homem-Meio Ambiente*”. Rio de Janeiro, 2. ed. Bertrand Brasil S. A., 206 p.
- FENDRICH, R. (2002). “*Diagnóstico dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica Urbana do Rio Belém*”. Curitiba. 1. ed. Assembléia Legislativa do Paraná.
- IAPAR, INSTITUTO AGRONÓMICO DO PARANÁ. (2000). “*Cartas Climáticas do Estado do Paraná*”. Disponível em: <[http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas\\_Climaticas/CartasClimaticas.htm](http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/CartasClimaticas.htm)>. Acesso em 13 de abril de 2006.
- IAP, INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. (2005). “*Monitoramento da qualidade das águas dos rios da região metropolitana de Curitiba, no período de 2002 a 2005*”. Disponível em:

<[http://www.pr.gov.br/meioambiente/iap/pdf/rel\\_monit\\_qual\\_aguas\\_rios\\_rmc\\_9205.pdf](http://www.pr.gov.br/meioambiente/iap/pdf/rel_monit_qual_aguas_rios_rmc_9205.pdf)>. Acesso em 14 de abril de 2006.

ISAM. (1999). IQA: “*Índice de qualidade das águas*”. Manual do software IQA 5.0. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 30 p.

KARR, J. R. e CHU, E. W. (1999). “*Restoring life in running waters*”. Island Press, Washington D. C., 206 p.

KROPIWIEC, E. M. F. e FRANÇA JR., R. H. (2005). “*Bacia das nascentes do Rio Belém*”. Trabalho da disciplina de Planejamento Integrado de Bacias do Curso de Engenharia Ambiental da PUCPR. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 61 p.

MENEGHINI, M. S. (2005) “*A evolução da gestão de recursos hídricos no Brasil: análise e aplicação à Bacia Hidrografia do Rio Belém*”. Monografia (Especialização) – MBA Sistemas de Gestão Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 48 p.

MORONA, R. E. C. (2005). “*Avaliação da qualidade de vida da população residente na Bacia Hidrográfica do Rio Belém, Curitiba – PR, no trecho entre a nascente e o Parque São Lourenço*”. Curitiba, disponível em: < <http://www.pucpr.br/template.php?codredir=440&&codigo=1>>. Consultado em 07 de fevereiro de 2006.

MOTA, S. (1997). “*Introdução à Engenharia Ambiental*”. Rio de Janeiro, 1. ed, 280 p.

MOTA, S. (2003). “*Urbanização e Meio Ambiente*”. Rio de Janeiro, 3. ed, 352 p.