

INDICADORES PARA ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DOS RECURSOS HÍDRICOS URBANOS

Francisca Dalila Menezes Vasconcelos (*), Francisco Suetônio Bastos Mota, Noslina Nobre Rabelo, Livia Socorro de Castro Fernandes, Larissa de Miranda Menescal

* Universidade Federal do Ceará-UFC, e-mail: menezes.dalila@gmail.com.

RESUMO

As Áreas de Preservação Permanente (APP) dos recursos hídricos urbanos possuem importantes funções ambientais, sobretudo quando inseridas no contexto urbano, onde recebem mais pressões antrópicas. O presente trabalho propõe uma cesta de indicadores para avaliação dos impactos ambientais sofridos pelos mananciais, decorrente da intensa ocupação urbana. São propostas três dimensões dos indicadores: ambiental, urbana e de gestão ambiental urbana. A dimensão ambiental determina o quantitativo da área de APPs (ocupadas e preservadas) em hectares inseridas no município de Fortaleza/CE. A dimensão urbana estima o atendimento do serviço de esgotamento sanitário na bacia de influência próximo às APPs, a incidência de assentamentos precários e a cobertura de drenagem urbana que influencia diretamente na drenagem natural dos recursos hídricos urbanos. A dimensão de gestão e legislação ambiental determina as Unidades de Conservação-UC (previstas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação) e as Áreas de Preservação Permanente-APP (prevista no Novo Código Florestal Brasileiro), que são consideradas no Macrozoneamento Ambiental do Município de Fortaleza/CE previstas no Plano Diretor. Registrou-se perda gradativa das áreas de amortecimento dos mananciais urbanos realizada por meio de leis complementares municipais que alteraram o Plano Diretor de 2009. A ocupação das APPs urbanas em diversos pontos das bacias hidrográficas inseridas no território municipal e pontos de alagamentos decorrente de diversos fatores antrópicos. Sugere-se continuidade do estudo a fim de propor um Índice Ambiental Urbano, baseado nos indicadores da presente pesquisa, para estimar a situação das APPs inseridas em grandes centros urbanos brasileiros com intuito de promover medidas preventivas e corretivas em prol de tais recursos naturais tão imprescindíveis para manutenção do ambiente urbano.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores Ambientais, Mananciais Urbanos, Áreas de Preservação, Impactos Ambientais.

INTRODUÇÃO

As metrópoles brasileiras e principais capitais são áreas urbana, densamente ocupadas, em que os rios, seus leitos e margens se encontram totalmente descaracterizadas, a malha viária permeia os canais abertos (antigos rios), a erosão e sedimentação mudam sua dinâmica. Diante deste cenário, os indicadores devem obedecer a critérios inovadores, adaptando-se novo contexto urbano.

O presente trabalho sugere, primeiramente, uma classificação enquanto a origem dos impactos: urbanos, ambientais e de gestão. O entendimento sobre a origem de determinado fator que afeta diretamente a qualidade, quantidade, regime hidrológico e serviços ambientais dos recursos hídricos é imprescindível para compreender a dinâmica do ambiente construído.

Apesar das esferas de ambiente natural e construído serem integradas fortemente ao meio urbano, para fins didáticos de aplicação dos indicadores, foram abordadas em três dimensões: (i) indicadores urbanos (esgotamento sanitário, drenagem urbana e ocupação irregular); (ii) indicadores ambientais (área de APP ocupada e preservada, cobertura vegetal em APPs); e (iii) indicadores de gestão e legislação (legislação municipal, gestão de áreas ambientais e macrozoneamento ambiental urbano).

Diante do avanço da urbanização nos rios urbanos, assistida ao longo dos anos no Brasil, se faz necessário a criação de um robusto instrumento de monitoramento para verificar a situação das APPs dos recursos hídricos urbanos. Índices e Indicadores são reconhecidos mundialmente como eficientes instrumentos de gestão para avaliar e monitorar componentes ambientais em processo de degradação.

O foco da presente pesquisa é a construção dos indicadores ambientais urbanos para estimar os impactos ambientais nas Áreas de Preservação Permanente decorrente da ocupação urbana. Além de subsidiar a construção de um Índice Ambiental Urbano baseado nos indicadores formulados na presente pesquisa. Desta forma, a aplicação dos indicadores não é o foco principal do trabalho, mas sim a construção da cesta de indicadores.

OBJETIVOS

O objetivo central desta pesquisa é fornecer um panorama metodológico para construir uma cesta de indicadores capaz de identificar os possíveis danos e impactos nas Áreas de Preservação Permanente (APP) de Recursos Hídricos Urbanos.

Fornecer robusta cesta de indicadores ambientais, urbanos e de gestão para compor um futuro Índice Ambiental Urbano-IAU a ser aplicado para APP de recursos hídricos urbanos em processo de degradação.

METODOLOGIA

A priori, realizou-se uma busca interativa nos bancos de dados CAPES e SCIELO com palavras-chave e combinações que abrangesse o tema “Áreas de Preservação de Recursos Hídricos urbanos, Indicadores, Impactos Ambientais e Legislação Ambiental”. A pesquisa não foi realizada em plataformas internacionais, devido a nomenclatura de APP não ser padronizada mundialmente. A investigação contemplou o período de artigos publicados nos anos de 1999 a 2018.

Os anos de 2010 a 2013 apresentaram um pico considerável, frente a todo período investigado. Este fato se deve, certamente, à publicação do Novo Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12651/12. A intensificação das pesquisas técnicas e científicas se justificam pelas determinações polêmicas instituídas pelo Novo Código. Além das plataformas de pesquisas supracitadas, foram investigadas dissertações e teses que abordam o assunto direta e indiretamente.

Além do levantamento bibliográfico, a seleção dos indicadores propostos baseou-se em: (i) visitas de campo aos recursos hídricos urbanos da cidade de Fortaleza-Ceará, (ii) histórico geomorfológico dos rios urbanos; (iii) sobreposição e construção de mapas; e (iv) análise da legislação ambiental vigente que incide sobre as APP em estudo. As visitas de campo foram realizadas no período de janeiro de 2018 a julho de 2019, incluindo registro fotográfico, medições de campo para aferir possíveis dúvidas identificadas no Sistema de Informações Geográficas.

A pesquisa que originou o presente artigo abrange todo território do município de Fortaleza, com ênfase nas duas principais Bacias Hidrográfica: Bacia do Rio Cocó e Bacia do Rio Maranguapinho. Considerando a extensão da área de estudo, para a aplicação dos indicadores foram feitos alguns recortes de sub-bacias. Importante enfatizar que o foco do presente trabalho é a construção dos indicadores e não a aplicação dos mesmos.

RESULTADOS

No Quadro 1 estão descritos os indicadores propostos, por categoria, equações adotadas, referências e fonte de dados. Em seguida, nos subitens, os indicadores serão detalhados por categoria.

Quadro 1. Indicadores propostos para aplicação nas APP de recursos hídricos urbanos. Fonte: elaboração da autora, 2019.

Categoria do Indicador	Código	Indicadores
Indicadores Urbanos	IU-1	APPs com cobertura de esgotamento sanitário.
	IU-2	Assentamentos precários nas APPs.
	IU-3	Cobertura do serviço de drenagem urbana. Área de APP atendida pelo serviço de drenagem urbana.
Indicadores Ambientais	IA-1	Área de APP por bacia hidrográfica. Área de APP ocupada por Bacia Hidrográfica.
	IA-2	APP com cobertura verde, nativa ou não.
Indicadores de gestão	IG-1	Unidades de Conservação consideradas no macrozoneamento.
	IG-2	APP consideradas no macrozoneamento seguindo diretrizes mínimas do Código Florestal.

Indicadores urbanos

O indicador IU-1, intitulado “APPs com cobertura de esgotamento sanitário”, objetiva estimar o percentual da área de APP e sua zona de influência que possui serviço de esgotamento sanitário, por meio da aplicação da Equação 1.

$$IU-1_{x,y} = \left(\frac{\sum APP_{ce}}{\sum APP_{total}} \right) * 100 \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

IU-1 x,y = Cobertura de esgotamento sanitário nas APPs dos recursos hídricos da bacia hidrográfica x , no ano y ;

$\sum APP_{total}$ = somatório da área, em hectares, das APPs dos recursos hídricos da bacia hidrográfica x , no ano y ;

$\sum APP_{ce}$ = somatório da área de APP, em hectares, que possui cobertura de esgoto para bacia hidrográfica x , no ano y .

As áreas para compor a Equação 1, foram estimadas por meio do somatório das áreas de APP, delimitadas na presente pesquisa, sobrepostas ao *shape* de cobertura do esgotamento sanitário no território da bacia hidrográfica em estudo, para determinado ano. Aplicando-se a ferramenta de *intercessão* do QGIS, é possível obter simultaneamente a área de APP que possui cobertura de esgotamento sanitário e a que se encontra descoberta, para bacia hidrográfica em estudo, para determinado ano. Poderá ser aplicado para cada ano, com possibilidade de estimar o aumento da cobertura do serviço ao longo dos anos, por meio da interpretação gráfica, utilizando o Excel.

O ponto a ser aprimorado deste indicador seria o quantitativo de domicílios inseridos na APP, que estão efetivamente interligados à rede de esgotamento sanitário, pois nem toda localidade dispõe de atendimento, os domicílios estão efetivamente interligados. Contudo, estas informações são mais difíceis de acessar, além da instabilidade e mudança contínua de domicílios interligados. Para sanar tal problemática, sugeriu-se o indicador IU-2.

Em complemento ao IU-1, sugere-se aplicar o IU-2, que trata do percentual de assentamentos precários nas zonas de APP dos recursos hídricos urbanos. Intitulado “*Assentamentos precários nas APPs*”, o indicador propõe uma previsão de lançamentos clandestinos de efluentes por modalidade precária de moradia, a qual, geralmente, não possui serviço de esgotamento sanitário e, possivelmente, lança seus dejetos nos rios, córregos e lagos, quando localizadas em faixas de preservação dos mananciais urbanos. O IU-2 poderá ser estimado, por meio da Equação 2.

$$IU-2_{x,y} = \left(\frac{\sum AP}{\sum APP_{total}} \right) * 100 \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

IU-2 x,y = incidência de assentamentos precários nas APPs dos recursos hídricos da bacia hidrográfica x , no ano y ;

$\sum AP$ = somatório das áreas de APP, em hectares, com incidência de assentamentos precários, para bacia hidrográfica x , no ano y ;

$\sum APP_{total}$ = somatório da área, em hectares, das APPs dos recursos hídricos da bacia hidrográfica x , no ano y .

Para compor a Equação 2, utiliza-se as áreas de APP, baseada no Novo Código Florestal Brasileiro de 2012, sobrepostas ao *shape* dos assentamentos precários urbanos. Por meio da ferramenta *intercessão* e *tabelas de atributos* do QGIS, é possível obter o somatório das áreas com assentamentos precários que incidem sobre as APPs, para bacia hidrográfica x , no ano y . Com dados de anos consecutivos é possível estimar o aumento dos assentamentos precários nas áreas de APP ao longo dos anos e verificar a dinâmica da ocupação de assentamentos precários na bacia hidrográfica em estudo.

Em aplicação prática para cidade de Fortaleza/CE, a cobertura de esgotamento sanitário, conforme dados da Companhia de Água e Esgoto do Ceará, corresponde a 61,73% no primeiro semestre do ano de 2019. A cobertura incidência de cobertura de esgoto na cidade abrange mais o território da Bacia do Rio Maranguapinho do que a Bacia do Rio Cocó. A última apresenta seus rios assoreados e com evidências de lançamentos de esgoto clandestino em vários pontos do rio. A incidência de assentamento precário, por sua vez, é mais intenso ao longo do Rio Maranguapinho, o que pode significar, que apesar da presença do serviço de esgotamento sanitário, as habitações irregulares costumam apresentar problemas de instalações sanitárias, e quando localizadas às margens dos rios, os dejetos podem ser lançados nos mananciais.

O último indicador desta categoria é composto por dois sub-indicadores, os quais complementam a informação almejada: atendimento do serviço de drenagem urbana nas áreas de influência direta das APPs dos recursos hídricos urbanos. O indicador IU-3.1 propõe estimar a cobertura do serviço de drenagem urbana na bacia hidrográfica em estudo, servindo de base para o indicador IU-3.2, que objetiva calcular a área de APP atendida pelo serviço de drenagem urbana. Conforme Equações 3 e 4.

$$IU-3.1_{x,y} = \left(\frac{\sum ACD}{\sum ABH} \right) * 100 \quad \text{equação (3)}$$

$$IU-3.2_{x,y} = \left(\frac{\sum ACB}{\sum APP_{total}} \right) * 100 \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

IU-3.1 x,y = cobertura do serviço de drenagem urbana na bacia hidrográfica x , no ano y ;

IU-3.2 x,y = área de APP atendida pelo serviço de drenagem urbana na bacia hidrográfica x , no ano y ;

ACD = somatório da área, em hectares, que possui cobertura do serviço de drenagem urbana, para bacia hidrográfica x , no ano y ;

$\sum ABH$ = somatório da área total, em hectares, para bacia hidrográfica x , no ano y ;

$\sum APP_{total}$ = somatório da área, em hectares, das APPs dos recursos hídricos da bacia hidrográfica x , no ano y .

O arquivo *shape* com a cobertura da macro e microdrenagem do território das bacias hidrográficas é utilizado para obtenção das áreas de APPs que possuem o serviço. As ferramentas de *intercessão* e *tabela de atributos* do QGIS devem ser aplicadas para estimar a área, em hectares, da bacia hidrográfica em estudo que possui o serviço de drenagem urbana para determinado ano. Caso se disponibilize destes dados por anos consecutivos é possível construir um gráfico que apresente didaticamente o aumento do serviço de drenagem na bacia hidrográfica ao longo dos anos.

Durante o processo de aplicação do indicador para o município de Fortaleza é possível elencar os principais desafios a serem enfrentados: (i) o sistema de drenagem urbana é complexo e integrado com o sistema de rios e córregos da cidade, o qual recebe interferências do sistema de abastecimento de água, sistema de telefonia e outros componentes que prejudicam o sistema de drenagem; (ii) o sistema é inserido posterior à obras de grande porte, necessitando se adequar, tornando a instalação mais onerosa e difícil; (iii) os recursos hídricos urbanos encontram-se assoreados e poluídos, como fazem parte do sistema de drenagem, o assoreamento diminui a capacidade de armazenamento de água pluvial dos rios e prejudica diretamente o escoamento das águas.

Desta forma, a presença da cobertura de drenagem em si não é suficiente para garantir que tal serviço esteja em pleno funcionamento. É necessário verificar a situação de forma abrangente, incluindo na análise o assoreamento dos rios que fazem parte da drenagem natural e a eficiência do sistema de drenagem, que pode ser prejudicada pela interferência de obras e outros serviços.

Indicadores ambientais

O indicador IA-1.1 intitulado “Área de APP por bacia hidrográfica”, objetiva estimar o percentual da área de APP dos recursos hídricos, por bacia hidrográfica, a qual será utilizada como base para o indicador IA-1.2, intitulado “APP ocupada e não ocupada”, o qual propõe quantificar o percentual da área de APP que se encontra ocupada e parcela desocupada, conforme Equações 5 e 6.

$$IA-1.1_{x,y} = \left(\frac{APP_{total}}{\sum ABH} \right) * 100 \quad \text{equação (5)}$$

$$IA-1.2_{x,y} = \left(\frac{\sum APP_{oc}}{\sum APP_{total}} \right) * 100 \quad \text{equação (6)}$$

Onde:

IA-1.1 x,y = porcentagem da área de APP na bacia hidrográfica x , no ano y ;

IA-1.2 x,y = porcentagem da área de APP ocupada para bacia hidrográfica x , no ano y ;

$\sum APP_{total}$ = somatório da área total, em hectares, das APPs da bacia hidrográfica x , no ano y ;

$\sum ABH$ = somatório da área total, em hectares, da bacia hidrográfica x , no ano y .

$\sum APP_{oc}$ = somatório da área, em hectares, das APPs ocupadas para bacia hidrográfica x , no ano y ;

O indicador IA-1.2 servirá de base para construção do Indicador IA-2, intitulado “APP com cobertura verde, nativa ou não”, o qual propõe estimar o percentual de área da APP dos recursos hídricos urbanos composta por cobertura verde, sendo nativa, exótica ou similares, que represente vegetação. Não sendo contabilizada, vegetação sobrenadante, como aguapés, geralmente, indicador de poluição dos mananciais, conforme Equação 7.

$$IA-2_{x,y} = \left(\frac{\sum APP_{cv}}{\sum APP_{oc}} \right) * 100 \quad \text{equação (7)}$$

Onde:

IA-2_{x,y} = porcentagem da área de APP com incidência de cobertura verde para bacia hidrográfica *x*, no ano *y*;

∑APP_{oc} = somatório da área, em hectares, das APPs ocupadas para bacia hidrográfica *x*, no ano *y*;

∑APP_{cv} = somatório da área, em hectares, das APPs com incidência de cobertura verdes nativa ou não, para bacia hidrográfica *x*, no ano *y*;

A obtenção das áreas que irão compor as equações supracitadas foi por meio da área de APP proposta na presente pesquisa, conforme o Código Florestal Brasileiro de 2012, sobreposta ao *shape* de ocupação urbana para determinado ano. Podendo ser replicada para qualquer ano base com dados disponíveis. Utilizando a ferramenta, *intercessão* do QGIS, é possível evidenciar as APPs ocupadas e desta forma é obtida, automaticamente, as APPs não ocupadas.

Com a área de APP não ocupadas, estima-se desta, que possuem cobertura verde por meio da análise das imagens de satélite obtidas pelo Bing Mapas e Google Earth, com fotos mais atualizadas de 2019. As visitas, medições e registros de campo foram utilizados em casos específicos, onde não foi possível determinar por geoprocessamento.

O município de Fortaleza possui, no seu Macrozoneamento Ambiental determinado pelo Plano Diretor de 2009 (Lei Complementar nº 62/2009), as Zonas de Proteção Ambiental-1 que desempenham a função de proteger os recursos hídricos urbanos. Apesar de possuir a mesma função das APP instituídas pelo Código Florestal, a ZPA-1 é menos protetiva, adotando faixas de proteção menores do que as determinadas pelo Código Florestal Brasileiro. O município de Fortaleza possuía 7.601,96 hectares de ZPA-1, conforme o Plano Diretor de 2009. Após a vigência da lei Complementar nº 250/2018, que alterou o Plano Diretor de 2009, a ZPA-1 passou para 7.509,33 hectares, restando uma redução de 92,63 hectares da área de ZPA-1 desprotegidas pela legislação municipal.

Indicadores de gestão Ambiental

Nesta categoria foram propostos dois indicadores, o Indicador de Gestão-1 (IG-1) e Indicador de Gestão-2 (IG-2). O primeiro objetiva saber se o macrozoneamento ambiental urbano considera as Unidades de Conservação, instituídas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) criado pela Lei Federal nº 9985/2000, classificadas como áreas ambientais relevantes, com legislação própria e cadastradas nos sistemas estaduais e federais das Unidades de Conservação. O segundo, propõe estimar o quantitativo das APPs, previstas no Novo Código Florestal Brasileiro de 2012, consideradas no macrozoneamento ambiental do município.

O IG-1, intitulado “*Unidades de Conservação consideradas no macrozoneamento*”, propõe estimar a porcentagem das UCs existentes total ou parcial inseridas no território do município consideradas no macrozoneamento ambiental, previsto, geralmente, pelo Plano Diretor, por meio da Equação 8.

$$IG-1_{x,y} = \left(\frac{\sum UC_{ins}}{\sum UC_{total}} \right) * 100 \quad \text{equação (8)}$$

Onde:

IG-1_{x,y} = Unidades de Conservação consideradas no macrozoneamento municipal para o município *x*, no ano *y*;

∑UC_{ins} = somatório da área, em hectares, das Unidades de Conservação (Previstas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação) municipais e estaduais inseridas parcial ou total no macrozoneamento ambiental municipal;

∑UC_{total} = somatório da área total, em hectares, das Unidades de Conservação (Previstas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação) municipal ou estadual, inseridas total ou parcial no território do município.

O IG-2, intitulado “*APP consideradas no macrozoneamento seguindo diretrizes mínimas do Código Florestal Brasileiro*”, propõe estimar a porcentagem das APPs de recursos hídricos com trechos menos protetivo que o determinado pelo Código Florestal Brasileiro, ou seja, Plano Diretor que determina faixas de proteção menores que as do Novo Código Florestal Brasileiro, conforme Equação 9.

$$IG-2_{x,y} = \left(\frac{\sum APP_{mz}}{\sum APP_{cfl}} \right) * 100 \quad \text{equação (9)}$$

Onde:

IG-2_{x,y} = percentual da área de APPs dos recursos hídricos consideradas no macrozoneamento municipal para bacia hidrográfica *x*, no ano *y*;

∑APP_{mz} = somatório das áreas, em hectares, de APP (prevista no Novo Código Florestal Brasileiro) dos recursos hídricos protegidas pelo macrozoneamento municipal;

∑APP_{cfl} = somatório das áreas total, em hectares, de APP dos recursos hídricos conforme o Código Florestal Brasileiro.

Para obtenção das áreas, em hectares, que irão compor as equações, deve-se utilizar as áreas das APPs delimitadas conforme o Código Florestal Brasileiro, por bacia hidrográfica, a serem subtraídas pela área total das APPs, em hectares, protegidas pelo macrozoneamento ambiental municipal, previsto no Plano Diretor. Aplicando-se a sobreposição de mapas das duas áreas e a ferramenta *intercessão* do QGIS, que possibilita a visualização e soma da área de APP que é considerada no macrozoneamento.

As Unidades de Conservação e as APPs não são totalmente previstas no Macrozoneamento Ambiental Municipal. Alguns trechos de faixa de proteção dos recursos hídricos coincidem com Unidades de Conservação e Parques Urbanos Municipais, tal fato gera duplicidade de proteção de áreas, o que confunde e fragiliza a gestão das áreas protegidas do município.

CONCLUSÕES

A disponibilidade de indicadores robustos, confiáveis e de fácil aplicação, para grandes centros urbanos, no âmbito da proteção dos recursos hídricos, é essencial para diagnosticar a situação dos mananciais urbanos e estimar os impactos ambientais decorrente da ocupação urbana ao longo dos anos.

Os resultados, mesmo que preliminares, acerca da aplicação na área de estudo, revela a importância da gestão integrada de áreas ambientalmente relevantes no município para evitar duplicidade de proteção ou ineficiência na conservação dos biomas e da biodiversidade face a ocupação urbana. A diminuição gradativa das áreas ribeirinhas e a degradação dos recursos hídricos urbanos são indicativos de necessidade urgente de reformulação da proteção destes componentes ambientais.

Os indicadores propostos na presente pesquisa devem servir de subsídio para gestores municipais (responsáveis pelo ordenamento do uso e ocupação do solo e planejamento ambiental urbano do município), apoiando decisões mais assertivas acerca da ocupação de áreas ambientalmente sensíveis, garantindo assim, que esses ecossistemas continuem desempenhando seus serviços ambientais tão vitais ao meio urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brasil. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 de maio de 2012.
2. Brasil. Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 de julho de 2000.
3. Fortaleza. Lei Complementar nº 250, de 03 de julho de 2018. **Diário Oficial do Município de Fortaleza**, 12 de julho de 2018. Seção 16.299, p. 4-21.
4. Fortaleza. Lei Complementar nº 062, de 02 de fevereiro de 2009. **Diário Oficial do Município de Fortaleza**, 13 de março de 2009. Seção 14.020.