



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDREZA TACYANA FELIX CARVALHO

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE
HIDROAMBIENTAL PARA PROJETOS DE INTERVENÇÕES EM RIOS PERENES
(MASRios)

Recife

2018

ANDREZA TACYANA FELIX CARVALHO

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE
HIDROAMBIENTAL PARA PROJETOS DE INTERVENÇÕES EM RIOS PERENES
(MASRios)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) como requisito complementar para a obtenção do título de Doutora em Engenharia Civil.

Área de concentração: Tecnologia ambiental e recursos hídricos

Orientador: Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Recife

2018

Catálogo na fonte

Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

C331m Carvalho, Andreza Tacyana Felix.

Metodologia para avaliação de sustentabilidade hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios) / Andreza Tacyana Felix Carvalho. - 2018.
155 folhas, il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2018.

Inclui Referências e Apêndice.

1. Engenharia Civil. 2. Intervenções em cursos d'água. 3. Licenciamento ambiental. 4. Sustentabilidade hidroambiental. 5. Avaliação de sustentabilidade. 6. Tomada de decisão. I. Cabral, Jaime Joaquim da Silva Pereira (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-326



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

A comissão examinadora da Defesa de Tese de Doutorado

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE
HIDROAMBIENTAL PARA PROJETOS DE INTERVENÇÕES EM RIOS PERENES
(MASRios)**

defendida por

Andreza Tacyana Felix Carvalho

Considera a candidata APROVADA

Recife, 03 de agosto de 2018

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral – UFPE
(orientador)

Prof. Dr. Marcelo Gomes Miguez – UFRJ
(examinador externo)

Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva – UFPE
(examinador externo)

Prof. Dr. Paulo Frassinete de Araújo Filho – UFPE
(examinador externo)

Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva – UFPE
(examinador interno)

*Dedico este trabalho aos meus amados pais,
Zailde e João.*

AGRADECIMENTOS

Houve quem disse que seria uma loucura enveredar pelos caminhos de um doutorado e começar mais uma jornada de estudos, dedicação e abdicção; mas diante de meu constante desejo de conhecimento e amor pelo o que faço, me vi ‘na necessidade’ de iniciar esta tão enriquecedora caminhada e dar continuidade a projetos e desafios pessoais e profissionais. Ao longo desses quatro anos, estudei e me dediquei, abdicando de muitos momentos de convívio social, mas com isso, não obtive apenas aprendizados técnico-científicos, mas principalmente, aprendizados pessoais para meu autodesenvolvimento, e hoje, posso dizer que foi para mim, surpreendentemente engrandecedor. Posso ainda expor, que a jornada diária nesta fase não foi fácil, mas nada comparável aos obstáculos enfrentados e ‘superados’ ao longo de toda a trajetória social que tive. Por isso, neste momento de reflexão, quero apenas agradecer! Agradecer pela vida e pelas superações e, incondicionalmente à Deus por ter me dado forças, me iluminar e guiar. Aos meus pais, Zailde e João, por todo amor demonstrado através de incentivos e confiança. Obrigada. Aos meus irmãos Tércio e Elias e, minha cunhada Eliana pelo constante apoio; às minhas sobrinhas e afilhadas pelos sorrisos e alegrias compartilhados e também, aos demais familiares que de alguma forma, me prestaram incentivos. Agradeço ao meu querido e admirável professor e orientador Jaime Cabral, pela confiança, atenção, discernimento e, por me dar a oportunidade de desfrutar de sua companhia e conhecimentos ao longo destes anos de aprendizado e parceria acadêmica. Obrigada também, ao professor Marcelo Miguez pela disponibilidade e contribuições acadêmicas; a todos os professores que estiveram presentes e contribuíram ao longo de minha vida acadêmica e, principalmente ao Grupo de Recursos Hídricos da Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Além disso, agradeço de todo coração, aos meus ex-alunos, colegas e amigos pelos auxílios e demonstrações de carinho e motivações, em especial a estes queridos que contribuíram diretamente neste processo de aprendizado: Ademir Damião (meu revisor especial), Adriana Damasceno, Ana Cláudia Villar, Cláudia Oliveira e Larissa Batista (pelas conversas e compartilhamento das angústias e alegrias desta jornada, entre tantas coisas), Benevides e Maciana Araújo, Claudelúcia Nogueira, Danniell Araújo, Daniel Moura, Eduardo Elvino, Gastão Cerquinho, Gilmara Generoso, Giovanni Perazzo, Graça Cruz, Gustavo Felipe (pelo amor e torcida), Gustavo Ribeiro, Ildeana Machado, José Clímaco (pelo companheirismo e amor fraterno), Luís Cometti, Magdala Braga (por toda generosidade e chás da tarde), Maria Ceilde (pelo amor materno e alegria), Mariana Gusmão, Paulo Roberto (pela força e sugestões), Pedro

Oliveira, Romário Amaral, Silvanda Galvão (pela alegria e torcida por cada novo passo dado), Simone Souza e a Thiago Soares (a autoridade administrativa e meu consultor especial). Agradeço também à Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH), na qual tive a honra e o prazer de trabalhar por cinco anos e cinco meses, em especial aos amigos do Núcleo de Avaliação de Impacto Ambiental (NAIA) e da Ouvidoria Ambiental por tantas cooperações neste processo de pesquisa; como também, à Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) e à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD) pelas informações prestadas e dados cedidos para elaboração deste trabalho. Grata também à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), em particular à toda equipe que compõe o Departamento de Geografia do Campus Avançado de Pau dos Ferros, que me receberam e me incentivaram neste momento tão difícil de conciliar uma mudança de Estado, novo trabalho e, a finalização desta tese. Agradeço ainda, especialmente à minha querida Jacimária Medeiros, que de forma generosa e feliz, me deu tanto suporte, carinho e acima de tudo, se fez uma grande amiga, grata por toda a vida. E por fim, destaco que sou a primeira Mestre e agora Doutora, das famílias Felix e Carvalho, mas que seja apenas a primeira de muitos, que possuem e poderão ter este sonho.

“Em caso de certeza do dano ambiental, este deve ser prevenido, como preconiza o princípio da prevenção. Em caso de dúvida ou incerteza, também se deve agir prevenindo.

Essa é a grande inovação do princípio da precaução. A dúvida científica, expressa com argumentos razoáveis, não dispensa a prevenção.”

(MACHADO, 2001, p.32)

RESUMO

Estudos específicos sobre os impactos ambientais provocados por intervenções em cursos d'água ainda apresentam-se de forma incipiente e pouco difundida no campo técnico-científico dos órgãos ambientais no Brasil. Contudo, paralelo a isto, o processo de Avaliação de Impacto Ambiental vem assumindo abordagens ambientalmente mais integradas com diferentes elementos nos processos de análise e de decisão perante às múltiplas disciplinas, escopos e atores envolvidos, ampliando as dificuldades inerentes às escolhas de soluções e tomada de decisão quanto à aplicação de um determinado projeto. Desse modo, uma vez constatada a carência de abordagens metodológicas para dar suporte ao processo ora citado, este trabalho fundamentado em pesquisa de gabinete (revisão bibliográfica e documental) e, pesquisa de campo (observação das áreas e desenvolvimento de entrevistas), se volta para a proposição de uma ferramenta buscando integrar variáveis hidroambientais para avaliação dos possíveis impactos provocados por projetos de intervenções em ambientes fluviais. Como resultados, a pesquisa apresenta inicialmente uma análise de consistência técnica e documental sobre estudos ambientais direcionados ao licenciamento ambiental de projetos de dragagens, barragens, retificações e requalificações fluviais submetidos à avaliação de impacto ambiental de órgãos ambientais brasileiros. A partir disso são elaborados indicadores e subindicadores de impactos hidroambientais baseados em fatores e elementos identificados nesta análise, bem como em pesquisa de campo, visando então qualiquantificar os impactos gerados pela possível execução de um determinado projeto. Por conseguinte, fundamentada nestes indicadores e na análise geomorfológica da dinâmica hierárquica de trechos, foi elaborada e aplicada em 3 estudos de casos, a Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para Projetos de Intervenções em Rios Perenes (MASRios) direcionada à avaliação de sustentabilidade de projetos direcionados a rios de 1ª e 2ª ordem. No mais, destaca-se que a proposta de metodologia de avaliação de sustentabilidade desenvolvida é de fácil aplicação, possui sua estrutura organizada e apresentada através de planilha eletrônica, e considera em sua concepção a experiência técnica do pesquisador, a opinião de técnicos especialistas e a utilização da estatística básica com informações qualitativas incorporando inclusive, dados quantitativos.

Palavras-chave: Intervenções em cursos d'água. Licenciamento ambiental. Sustentabilidade hidroambiental. Avaliação de sustentabilidade. Tomada de decisão.

ABSTRACT

Specific studies on the environmental impacts caused by interventions in watercourses are still incipient and not widespread in the technical-scientific field of environmental agencies in Brazil. However, parallel to this, the Environmental Impact Assessment process has been assuming more environmentally integrated approaches with different elements in the processes of analysis and decision making in relation to the multiple disciplines, scopes and actors involved, increasing the inherent difficulties in the choice of solutions and making decision on the implementation of a particular project. Thus, once the lack of methodological approaches to support the process mentioned above has been verified, this work, based on cabinet research (bibliographical and documentary review) and field research (observation of areas and development of interviews), turns to the proposition of a tool seeking to integrate hydro-environmental variables to evaluate the possible impacts caused by projects of interventions in fluvial environments. As a result, the research initially presents an analysis of technical and documentary consistency on environmental studies aimed at the environmental licensing of dredging projects, dams, rectifications and river requalifications submitted to the environmental impact assessment of Brazilian environmental agencies. From this, indicators and sub-indicators of hydro-environmental impacts are elaborated based on factors and elements identified in this analysis, as well as field research, in order to quantify the impacts generated by the possible execution of a given project. Therefore, based on these indicators and the geomorphological analysis of the hierarchical dynamics of stretches, the methodology was developed and applied in 3 case studies, the Methodology for the Evaluation of Sustainability Hydroelectric for Projects of Interventions in Perennial Rivers (MASRios) directed to the evaluation of sustainability of projects directed to rivers of 1st and 2nd order. In addition, it should be noted that the proposed sustainability assessment methodology is easy to apply, has its structure organized and presented through a spreadsheet, and considers in its conception the technical experience of the researcher, the opinion of technical specialists and the use of basic statistics with qualitative information, including quantitative data.

Keywords: Interventions in watercourses. Environmental licensing. Hydro-environmental sustainability. Sustainability assessment. Decision making.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Representação das etapas preliminares à elaboração de um EIA	34
Figura 2 -	Representação das etapas metodológicas para consecução do objetivo da pesquisa	37
Figura 3 -	Estrutura metodológica resumida para elaboração dos Indicadores de Impactos Hidroambientais	54
Figura 4 -	Perfil de formação profissional dos entrevistados	63
Figura 5 -	Perfil de área de atuação profissional dos 34 entrevistados	63
Figura 6 -	Fases e processos envolvidos no desenvolvimento e aplicação da MASRios	99
Figura 7 -	Gráfico gerado a partir da planilha eletrônica ‘Áreas e gráficos’ referente aos resultados dos impactos ambientais	104
Figura 8 -	Gráfico gerado a partir da planilha eletrônica ‘Áreas e gráficos’ referente aos resultados dos impactos sociais	104
Figura 9 -	Gráfico gerado a partir da planilha eletrônica ‘Áreas e gráficos’ referente aos resultados dos impactos econômicos	105
Figura 10 -	Riacho Lava-tripas, afluente do rio Beberibe, Olinda – PE, com destaque para os pontos visitados	119
Figura 11 -	Riacho Lava-tripas com ocupações urbanas sob suas margens em seu médio curso, localizado no bairro de Águas Compridas, Olinda, Pernambuco	120
Figura 12 -	Riacho Lava-tripas com ocupações urbanas sob suas margens em seu médio curso, localizado no bairro de Águas Compridas, Olinda, Pernambuco.	120
Figura 13 -	Riacho Algoduais com destaque para pontos estratégicos de intervenção propostos pelo projeto.....	121
Figura 14 -	Riacho Algoduais coberto por gramíneas em seu trecho na zona rural da	

	bacia hidrográfica, localizado em Suape, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco	122
Figura 15 -	Riacho Algodoads interceptado por via de acesso rudimentar na zona rural da bacia hidrográfica localizado em Suape, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.	122
Figura 16 -	Riacho Contra-açude com aterro em área de margem para retificação de trecho de seu curso, localizado no bairro de Ponte dos Carvalhos, município do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.	123
Figura 17 -	Riacho Contra-açude com calha natural sem obras intervenções, localizado no bairro de Ponte dos Carvalhos, município do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.	124
Figura 18 -	Resultados dos impactos ambientais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 01.	126
Figura 19 -	Resultados dos impactos sociais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 01.	127
Figura 20 -	Resultados dos impactos econômicos referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 01.	127
Figura 21 -	Resultados dos impactos ambientais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 02.	127
Figura 22 -	Resultados dos impactos sociais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 02	128
Figura 23 -	Resultados dos impactos econômicos referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 02	128
Figura 24 -	Resultados dos impactos ambientais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 03.	129
Figura 25 -	Resultados dos impactos sociais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 03.	129
Figura 26 -	Resultados dos impactos econômicos referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 03.	129

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Processos de projetos de intervenções em cursos d'água submetidos ao licenciamento ambiental e consultados em arquivos de órgãos ambientais estaduais do Brasil	36
Quadro 2 -	Protocolo de análise documental e consistência técnica de estudos ambientais.	38
Quadro 3 -	Escala de classificação de coerência técnico-documental por pontuação, dos estudos ambientais dos projetos de intervenções em cursos d'água	39
Quadro 4 -	Classificação de coerência técnico-documental por pontuação, dos estudos ambientais dos projetos de intervenções em cursos d'água.	40
Quadro 5 -	Projetos de intervenções em cursos d'água submetidos ao licenciamento ambiental e consultados em arquivos de órgãos ambientais estaduais do Brasil	55
Quadro 6 -	Escala de pesos de desempenho para os Indicadores e os Subindicadores identificados	56
Quadro 7 -	Perguntas componentes do questionário de entrevista aplicado à técnicos brasileiros especialistas na área temática da pesquisa.....	57
Quadro 8 -	Organização estrutural resumida dos subindicadores de impactos hidroambientais do tipo ambiental.	63
Quadro 9 -	Organização estrutural resumida dos subindicadores de impactos hidroambientais do tipo social	67
Quadro 10 -	Organização estrutural resumida dos subindicadores de impactos hidroambientais do tipo econômico	68
Quadro 11 -	Características técnicas dos subindicadores de impactos do indicador 'hidrogeomorfológico'.	71
Quadro 12 -	Características técnicas dos subindicadores de impactos do indicador	

	‘biodiversidade’.	71
Quadro 13 -	Características técnicas dos subindicadores de impactos do indicador ‘saneamento’.	72
Quadro 14 -	Características técnicas dos subindicadores de impactos do indicador ‘uso de ocupação do solo’.	74
Quadro 15 -	Características técnicas dos subindicadores de impactos do indicador ‘valor da água’.	75
Quadro 16 -	Características técnicas dos subindicadores de impactos do indicador ‘valorização de imóveis devido aos projetos’.....	76
Quadro 17 -	Exemplo de planilha de relação de impactos hidroambientais estipulada ao subindicador ‘qualidade da água’ a partir do parâmetro vazão média (m ³ /s) estabelecido em Tabela de Referência.	77
Quadro 18 -	Tipos de escala espacial e fator de ponderação de ocorrência de impactos hidroambientais sobre o ambiente de análise.....	92
Quadro 19 -	Indicadores e subindicadores de impactos hidroambientais componentes da MASRios.	97
Quadro 20 -	Exemplo de planilha como os elementos componentes dos ‘Fatores de ponderação de abrangência espacial do impacto’	100
Quadro 21 -	Layout da planilha automática de pesos para ‘Matriz dos indicadores de impactos hidroambientais’ dos indicadores de impactos ambientais .	101
Quadro 22 -	Layout da planilha automática de pesos para ‘Matriz dos indicadores de impactos hidroambientais’ dos Indicadores de impactos sociais.	101
Quadro 23 -	Layout da planilha automática de pesos para ‘Matriz dos indicadores de impactos hidroambientais’ dos indicadores de impactos econômicos.	102
Quadro 24 -	Objetivos e aplicações dos métodos de Avaliação de Impacto Ambiental AIA.	113
Quadro 25 -	Vantagens e desvantagens dos métodos de Avaliação de Impacto Ambiental AIA.	114

Quadro 26 - Processos de projetos de intervenções em pequenos e médios cursos d'água perenes submetidos ao licenciamento ambiental na CPRH, entre os anos de 2012 e 2017	118
---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Pontuação dos estudos ambientais referentes aos projetos de intervenções em cursos d'água, a partir da aplicação do Protocolo de análise técnico-documental	41
Tabela 2 -	Valores referentes às importâncias dos Indicadores de Impactos Hidroambientais, a partir de pesos absolutos e relativos para ponderação de sua relevância estabelecida pelo grupo de entrevistados	78
Tabela 3 -	Layout da planilha automática 'Áreas e gráficos' com resultados em áreas totais do polígono referente aos impactos ambientais	102
Tabela 4 -	Layout da planilha automática 'Áreas e gráficos' com resultados em áreas totais do polígono referente aos impactos sociais.....	103
Tabela 5 -	Layout da planilha automática 'Áreas e gráficos' com resultados em áreas totais do polígono referente aos impactos econômicos.....	103
Tabela 6 -	Informações e dados referentes aos projetos em análise e suas respectivas bacias hidrográficas	126
Tabela 7 -	Valores das áreas dos polígonos dos grupos temáticos dos indicadores hidroambientais	131

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1	Justificativa	17
1.2	Motivação e contribuição da pesquisa	18
1.3	Originalidade e relevância	19
1.4	Hipótese	21
1.5	Objetivos	21
<i>1.5.1</i>	<i>Objetivo geral</i>	21
<i>1.5.1</i>	<i>Objetivos específicos</i>	21
1.6	Metodologia resumida	22
2	AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROJETOS DE INTERVENÇÕES EM CURSOS D'ÁGUA NO BRASIL: ANÁLISE DOCUMENTAL E DE COERÊNCIA TÉCNICA DE ESTUDOS AMBIENTAIS	25
3	INDICADORES DE IMPACTOS HIDROAMBIENTAIS PARA AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE INTERVENÇÕES EM RIOS PERENES	43
4	AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE HIDROAMBIENTAL PARA PROJETOS DE INTERVENÇÕES EM RIOS PERENES: CONCEITO E ESTRUTURAÇÃO DA METODOLOGIA	81
5	AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE HIDROAMBIENTAL DE INTERVENÇÕES EM RIOS PERENES: VALIDAÇÃO A PARTIR DA APLICAÇÃO EM PROJETOS DE OBRAS EM CURSOS D'ÁGUA	108
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	132
	REFERÊNCIAS	135
	APÊNDICE A - RESPOSTAS OBTIDAS ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO APLICADO A TÉCNICOS BRASILEIROS ESPECIALISTAS EM RECURSOS HÍDRICOS E AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL	151

1 INTRODUÇÃO GERAL

Apesar das ideias que envolvem os conceitos e os objetivos da sustentabilidade estarem em evidência nos discursos das políticas públicas pelo mundo, entende-se que muitas delas ainda precisam sair do plano teórico e se tornarem operacionais. Conseqüentemente, ao se pensar o desenvolvimento das atividades e empreendimentos de forma sustentável, é preciso pensar a necessidade de um acompanhamento simultâneo a ser constituído, que possibilite demonstrar panoramas e percepções a curto, médio e longo prazo.

1.1 Justificativa

No âmbito dos recursos hídricos, deve-se compreender que a água é um recurso ambiental limitado, dotado de valor econômico e essencial para a sustentabilidade da vida no planeta. Diante desta razão, temas como o manejo e a gestão de recursos hídricos vêm sendo objetos de atenção crescente por parte de pesquisadores e de órgãos ambientais e, sobretudo dos órgãos gestores de recursos hídricos, na tentativa de assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade das águas em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos demandados.

Assim, através do processo de licenciamento ambiental, as intervenções em cursos d'água tais como barragem, dragagem e retificações são submetidas à avaliação de impacto ambiental com a finalidade de identificar, prever e interpretar os efeitos e impactos sobre o meio ambiente decorrente de ações propostas. Dessa forma, apresentam desafios diversos, desde às incertezas inerentes aos processos hidroambientais e socioeconômicos do projeto, até as questões ligadas diretamente ao planejamento e às políticas públicas e institucionais envolvida.

Neste sentido, os órgãos públicos promovedores da gestão ambiental tentam também ponderar no licenciamento ambiental através da Avaliação de Impacto Ambiental, a viabilidade ambiental de aplicação desses projetos em cursos d'água em consonância com os padrões e objetivos do modelo de desenvolvimento sustentável planejado. A partir desta perspectiva, entende-se que, além do amadurecimento dos pontos citados, no âmbito técnico estes projetos necessitam inclusive, de subsídios metodológicos específicos voltados à avaliação de impacto ambiental para embasamento técnico-científico do processo de licenciamento ambiental.

Desse modo, perante a diversidade de seus objetivos, técnicas, custos e resultados para estes projetos que estão inseridos neste entendimento, a pesquisa dedica-se ao desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de impactos específica, fundamentada sob o ponto de vista da

sustentabilidade, dedicada à avaliação de impactos hidroambientais de projetos de intervenções em cursos d'água.

A Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios) possui como ferramentas de avaliação de impactos, a utilização de 6 (seis) indicadores e 18 (dezoito) subindicadores de impactos hidroambientais, desenvolvidos e ponderados a partir da qualiquantificação das dimensões e fatores envolvidos nestes tipos de projetos. Compreende-se que estes, permitem que os resultados obtidos no processo de avaliação dos projetos de intervenções em cursos d'água, possam ser comparados ao longo do tempo e do espaço, como também, analisados de modo conjunto ou isolados.

Além disso, destaca-se que esses Indicadores são compostos e estruturados a partir de variáveis (representação operacional de um atributo: qualidade, característica, propriedade) de um sistema, os quais são agrupados de acordo com sua essência temática e as dimensões da sustentabilidade, baseadas nas referências da Agenda 21 Global (ONU, 1992), dos Indicators of Sustainable Development - Guidelines and Methodologies da Comissão de Desenvolvimento Sustentável - CSD da Organização das Nações Unidas (ONU, 2007) e dos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – Brasil 2015 (IBGE, 2015).

No mais, o produto gerado tem como pretensão oferecer, de forma simples e didática, subsídios técnicos para orientação da aplicação de recursos econômicos, escolha de técnicas, medidas de mitigação e de conservação ambiental ao longo do processo de licenciamento ambiental do projeto selecionado; permitindo que a avaliação de impacto ambiental seja efetuada de forma consistente perante os objetivos das legislações ambientais, políticas públicas de Estado e que, atue essencialmente em prol das demandas da sustentabilidade hidroambiental do objeto de intervenção.

1.2 Motivação e contribuição da pesquisa

Após alguns anos dedicados à problemáticas ligadas aos recursos hídricos nos campos científico e técnico, sendo muitos deles, voltados à fiscalização e ao licenciamento ambiental de atividades/empreendimentos utilizadores desses recursos na Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH)), foi a preocupação pela sustentabilidade ambiental, em especial, pelos projetos de intervenções estruturais em cursos d'água, que impulsionou o desenvolvimento desta pesquisa.

Entre os anos de 2014 e 2015, ao longo do exercício para definição do objeto de pesquisa, observou-se que projetos de barragem, dragagem, retificação e requalificação fluvial, quando

submetidos ao processo de licenciamento ambiental, as equipes técnicas dos órgãos ambientais no geral, não possuíam uma base metodológica orientadora comum para embasamento da identificação e da análise dos seus impactos.

Portanto, considerando a complexidade dos ambientes fluviais e de sua influência sobre a dinâmica ambiental e às relações socioeconômicas e que, os recursos hídricos são esgotáveis e que a busca por melhores condições destes é essencial para promoção da sustentabilidade, compreende-se que estes tipos de intervenções antrópicas devem ser, além de estudadas, bem planejadas, aplicadas e monitoradas uma vez que, são responsáveis por diversos impactos negativos e positivos no ambiente.

Em vista disso, este trabalho foi concebido com o objetivo de desenvolver um instrumento metodológico para dar suporte técnico-científico às equipes técnicas responsáveis pela elaboração de estudos ambientais e pela avaliação ambiental de ações de intervenções em cursos d'água de regime perene. Para isto, objetivou-se a construção de uma abordagem metodológica simples e de fácil aplicação, direcionada a avaliação da sustentabilidade hidroambiental com o propósito de atuar em consonância com a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Política Nacional de Meio Ambiente do Brasil.

No mais, como uma possível ferramenta despretensiosa de auxílio técnico ao processo de licenciamento ambiental dos mencionados projetos, possui como público-alvo, a comunidade técnica-científica voltada ao estudos de recursos hídricos, à grande área ambiental e suas áreas afins, bem como, a sociedade em geral que possui interesse nas questões ligadas à qualidade ambiental dos cursos d'água e, à avaliação de impactos ambientais.

1.3 Originalidade e relevância

A presente pesquisa insere-se no contexto da necessidade de desenvolvimento e/ou aprimoramento de ferramentas para avaliação de sustentabilidade, direcionadas ao processo de licenciamento ambiental, a fim de oferecer subsídios técnico-científicos a técnicos e gestores no processo de tomada de decisão, à luz das limitações da abordagem clássica presentes no instrumento de avaliação de impacto ambiental.

Sendo assim, diante desta perspectiva, o trabalho dedica-se especificamente à elaboração de uma metodologia de avaliação de sustentabilidade, fundamentada na compreensão e na definição dos impactos hidroambientais provocados por intervenções estruturais sob os pequenos e médios cursos d'água de regime perene, com o objetivo de qualiquantificar os fatores e/ou

processos envolvidos neste tipo de ambiente na condição de serem objetos de aplicação de determinadas obras de intervenções.

Para tal, compreendem-se, então, como intervenções em cursos d'água, projetos estruturais que interferem diretamente no ambiente fluvial, são os casos de instalação de barragens, dragagens, retificações, canalizações e outras; como também, projetos voltados ao restabelecimento fluvial como os de requalificação, renaturalização, revitalização, entre outras. Além disso, a metodologia possui como unidade de análise hidroambiental, a escala geográfica da bacia hidrográfica e da dinâmica hierárquica de trechos.

Desse modo, a partir da elaboração do referido produto embasado em revisão bibliográfica, trabalho de campo, pesquisa documental e, experiência técnica do pesquisador, foi observada como uma das primeiras necessidades, a definição de parâmetros para mensuração da qualidade dos possíveis impactos hidroambientais. Para isto, trouxe em seu âmbito, o desafio da compilação e integração de informações e dados pertinentes ao objeto de estudo, como meio de sintetizar e comparar os diferentes tipos de impactos provenientes da possível implementação de um determinado projeto em questão, fundamentado a partir de indicadores de desempenho elaborados para avaliação dos mesmos.

Com relação às informações e dados documentais, destaca-se que o acesso aos materiais referentes aos projetos submetidos ao processo de licenciamento ambiental a órgãos ambientais estaduais do Brasil, apresentou-se como um obstáculo para preparação da pesquisa. Pois, apesar da existência da Lei Federal nº 12.527, de 18 de novembro de 2011, a qual regula o acesso a informações de direito público, a burocracia e/ou a ausência de instrumentos de tecnologias de informação para disponibilização dos arquivos referentes às licenças ambientais e/ou até mesmo a indisponibilidade e falta de transparência de alguns órgãos, fizeram com que, os documentos utilizados nas análises ficassem restritos.

Sendo assim, foram utilizados arquivos documentais da Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH), da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) e, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD).

No mais, ressalta-se que a metodologia aqui proposta aplica-se para aqueles projetos de intervenções em médios e pequenos cursos d'água perenes que não necessitam de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (Rima), conforme estabelece a legislação ambiental nacional vigente. E que o seu produto está embasado em contribuições

técnico-científicas para aferir a sustentabilidade hidroambiental, em vista das características que lhe são próprias e que lhe devem conferir, por consequência, de formas específicas de apreciação, em relação a outras tantas atividades de significativo impacto ambiental.

1.4 Hipótese

Uma Metodologia de Avaliação de Sustentabilidade para rios voltada a projetos de intervenções em cursos d'água perene, tendo como unidade de análise a bacia hidrográfica, baseada na dinâmica hierárquica de trechos e, em indicadores de impacto, considerando fatores e condições ambientais, sociais e econômicas do projeto e da localidade objeto de intervenção, pode oferecer à equipe técnica de avaliação de impacto ambiental, suporte técnico-científico consistente e seguro para o licenciamento ambiental da atividade/empreendimento proposto, uma vez que pondera qualiquantitativamente a viabilidade e a relevância do projeto em questão considerando os possíveis impactos provocados.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo geral

Propor uma Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental específica, fundamentada em indicadores de impactos hidroambientais, direcionados ao julgamento de projetos de intervenções em pequenos e médios cursos d'água perenes, a fim de dar suporte técnico-científico à equipe técnica de órgão ambiental, responsável pela avaliação de impacto ambiental no processo de licenciamento ambiental para estes projetos.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analisar qualitativamente a coerência técnico-documental de Estudos Ambientais (EAs) de projetos de intervenções em cursos d'água perenes, objetos do licenciamento ambiental de órgãos ambientais brasileiros;
- Identificar variáveis hidroambientais relevantes para o processo de Avaliação de Impacto Ambiental de projetos de intervenções em cursos d'água perenes, a partir dos elementos e/ou fatores socioambientais influentes nas características e dinâmica desses sistemas fluviais;
- Formular indicadores e subindicadores de impactos a partir das variáveis hidroambientais identificadas, a fim de demonstrar qualiquantitativamente a condição hidroambiental pré

e pós-adoção de determinada intervenção estrutural em pequenos e médios cursos d'água de regime perene;

- Elaborar uma Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental com base nos citados indicadores para qualiquantificação dos impactos gerados por projetos de intervenção em pequenos e médios cursos d'água perenes, a fim de dar suporte e orientar as equipes técnicas de órgãos ambientais na avaliação de impacto ambiental de determinado projeto em análise;
- Aplicar a metodologia elaborada a partir de informações e dados de projetos de intervenções de pequenos e médios cursos d'água perenes, submetidos ao licenciamento ambiental em órgãos ambientais estaduais do Brasil, a fim de comprovar seus resultados e analisar sua eficiência.

1.6 Metodologia resumida

O trabalho é caracterizado como pesquisa do tipo teórico-aplicada, sendo desenvolvido a partir de uma hipótese com desdobramentos de procedimentos e deduções, tendo objetivos de aspectos exploratório, descritivo e aplicado. Para isto, baseia-se em revisão bibliográfica e, pesquisa documental e de dados direcionadas ao tema e aos objetivos da pesquisa; trabalho de campo voltado à observação individual não estruturada de cursos d'água perenes e de projetos de intervenções estruturais para este tipo ambiente e, por fim, observação sistemática para a aplicação de entrevista do tipo questionário.

Quanto à apresentação geral do trabalho, este está disposto em etapas com resultados intermediários apresentados em formato de capítulos/artigos, onde cada um deles deve atender a um ou dois objetivos específicos da tese.

Tal procedimento é definido devido à estrutura lógica da composição do processo de construção do objetivo geral do trabalho, tendo em vista a aglutinação dos resultados correntes de cada produto. Cada capítulo/artigo apesar de ser independente frente aos seus objetivos específicos, uma vez que possuem objetivo geral, metodologia de trabalho, resultados e discussão, considerações finais e referências particulares, possuem seus produtos inter-relacionados e complementares.

Sendo assim, o segundo capítulo intitulado *Avaliação de Impacto Ambiental de projetos de intervenções em cursos d'água no Brasil: análise documental e de coerência técnica de Estudos Ambientais*, destina-se a analisar qualitativamente a coerência técnica e documental de

Estudos Ambientais (EAs) de projetos de intervenções em cursos d'água perenes, objetos do licenciamento ambiental de órgãos ambientais brasileiros, frente ao atendimento destes a critérios estabelecidos pela legislação ambiental vigente.

Já o terceiro capítulo, *Indicadores de impactos hidroambientais para avaliação de projetos de intervenções em rios perenes*, é elaborado sob o ponto de vista conceitual e prático e, traz em sua proposição, considerações obtidas no capítulo anterior e, a identificação de variáveis hidroambientais relevantes para o processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) de projetos de intervenções em cursos d'água perenes.

Para tal, considera elementos e/ou fatores ambientais, sociais e econômicos influentes nas características e na dinâmica desses sistemas fluviais, a fim de dar embasamento à elaboração de Indicadores e Subindicadores de impactos para demonstrar qualiquantitativamente a condição hidroambiental pré e pós-adoção de determinada intervenção estrutural em pequenos e médios cursos d'água de regime perene.

Com relação ao quarto capítulo, *Avaliação de sustentabilidade hidroambiental de projetos de intervenções em rios perenes: conceito e estruturação da metodologia*, este se dedica à construção de uma Metodologia voltada à Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental, a partir dos indicadores elaborados no capítulo anterior. Esta metodologia é desenvolvida com o objetivo de qualiquantificar os possíveis impactos gerados por projetos de intervenção em pequenos e médios cursos d'água perenes e, assim, dar suporte e orientação às equipes técnicas de órgãos ambientais na avaliação de impacto ambiental do projeto em questão.

Por fim, o quinto capítulo, denominado *Avaliação de sustentabilidade hidroambiental de intervenções em rios perenes: validação a partir da aplicação em projetos de obras em cursos d'água*, dedica-se à aplicação da metodologia proposta a partir de informações e dados de projetos de intervenções de pequenos e médios cursos d'água perenes, submetidos ao licenciamento ambiental em órgãos ambientais estaduais do Brasil.

O citado procedimento tem como finalidade, demonstrar a aplicabilidade da Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para Projetos de Intervenções em Rios (MASRios) como uma ferramenta para priorizar propostas de projetos com viabilidade ambiental com relação ao potencial de impacto hidroambiental previsto.

No mais, destaca-se que a pesquisa de perspectiva analítica somente se tornou possível com a contribuição da Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) e da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e

Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD), disponibilizando informações e dados imprescindíveis para a concepção dos produtos gerados, como também, a partir da participação de técnicos e pesquisadores da área, na fase de entrevistas agregando, inclusive, a experiência prática de cada um ao instrumento proposto.

2 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROJETOS DE INTERVENÇÕES EM CURSOS D'ÁGUA NO BRASIL: ANÁLISE DOCUMENTAL E DE COERÊNCIA TÉCNICA DE ESTUDOS AMBIENTAIS

2.1 Resumo

No Brasil, obras em cursos d'água como barragens, retificações e dragagens quando consideradas atividades de significativo impacto ambiental, têm como condicionante para submissão do seu licenciamento ambiental, a elaboração de Estudos Ambientais (EA) contemplando a complexidade dos fatores envolvidos nestes tipos de projetos para que assim, a equipe técnica do órgão ambiental, possa julgar a viabilidade de sua aplicação. Desse modo, este trabalho apresenta através de análise qualitativa por meio de aplicação de protocolo de análise técnico-documental, a coerência técnica dos EAs de projetos de intervenções em cursos d'água. Para isto, a pesquisa de caráter exploratório tem como subsídio documental, a utilização de 10 (dez) projetos de obras de barragens, dragagem e retificação de rios, os quais foram submetidos à Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) de órgãos ambientais estaduais do país, entre os anos de 2010 a 2017.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Licenciamento ambiental. Obras em cursos d'água. Parecer técnico. Protocolo de análise documental.

Abstract

In Brazil, works in watercourses such as dams, rectifying and dredging, when considered activities of significant environmental impact, have as a condition to submit their environmental licensing, the elaboration of environmental studies (EA) contemplating the complexity of the factors involved in these types of projects so that, the technical team of the environmental agency, can judge the feasibility of its application. In this way, this work presents, through qualitative analyse through the application of technical-documentary analysis protocol, the technical coherence of the EAs of projects of interventions in water courses. For this, exploratory research has as a documentary subsidy, the use of 10 (ten) dam projects, dredging and river rectification, which were submitted to the Environmental Impact Assessment (EIA) of state environmental agencies of the country, between the years 2010 and 2017.

Keywords: sustainability; environmental licensing; works in water courses; technical advice; document analysis protocol.

2.2 Introdução

Em um rio, a velocidade das águas depende de fatores importantes como a declividade do perfil longitudinal, o volume das águas, a forma da seção transversal, o coeficiente de rugosidade do leito e viscosidade da água, fazendo com que a velocidade das águas tenha variações nos diversos setores do canal no qual ela flui (CHRISTOFOLETTI, 1979; COELHO, 2008).

No entanto, em decorrência do processo acelerado e desordenado de produção e ocupação do espaço urbano, diversas modificações nas condições naturais do meio têm sido observadas, com a alteração das condições naturais de infiltração - e a canalização de rios e córregos (HAASE, 2009; CARDOSO, 2012; REZENDE, MIGUEZ & VERÓL, 2013), alterando significativamente os processos de escoamento natural da bacia hidrográfica a partir do aumento do volume das águas pluviais escoadas superficialmente, incremento das vazões de pico dos corpos d'água, geração de sedimentos, crescente utilização dos recursos hídricos, geração de efluentes e aumento das restrições relativas à qualidade das águas (ZANDONADI *et al.*, 2015; ARAÚJO *et al.*, 2017; CARVALHO, GIRÃO & CABRAL, 2017).

Portanto, diante desse cenário, admite-se que a utilização dos recursos hídricos e as intervenções nos cursos d'água precisam ser efetuadas tendo em vista a sustentabilidade, promovendo a gestão de recursos hídricos fundamentada em um conjunto de ações destinadas a regular o uso, o controle e a proteção desses recursos, embasados na legislação e nas normas pertinentes.

Como cita Lacerda & Cândido (2013), este tipo de gestão deve inclusive, integrar projetos e atividades com o objetivo de promover a recuperação e a preservação da qualidade e quantidade dos recursos das bacias hidrográficas como também a recuperação e preservação de nascentes, mananciais e cursos d'água em áreas urbanas.

Neste sentido, apesar de todas as alterações provocadas nos cursos d'água serem entendidas no Brasil conforme define a Resolução Conama nº 001, de 23 de janeiro de 1986, como ações geradoras de 'impacto ambiental', são as intervenções projetadas e executadas intencionalmente com propósitos sociais e econômicos como, por exemplo, as obras de barragens, dragagens e retificações fluviais, que são oficialmente objeto de análise do instrumento de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA). E, embora a implantação desses projetos possa proporcionar impactos positivos diretos no crescimento das economias locais, bem como no bem-estar da sociedade, estes podem gerar diversas degradações ambientais e provocar impactos negativos involuntários nos ambientes circundantes.

Conforme estabelecido pela Lei Federal nº 6.938/1981, esses empreendimentos ou/e atividades, quando submetidos ao processo de licenciamento ambiental, devem, por meio de documentos de Estudos Ambientais (EAs) e exigências definidas pelo órgão ambiental competente, apresentar os possíveis impactos ambientais, sociais e econômicos (negativos e positivos) decorrentes de sua instalação e operação. Nestes Estudos, “quanto melhor definidos os conceitos que utiliza e mais articulado em suas partes, maiores as possibilidades de este documento avaliar exigências sociais, ambientais e econômicas do empreendimento ou atendê-las da forma o mais equitativa possível” (VIEGAS, 2009).

Esta pesquisa não é tarefa simples uma vez que, segundo Viegas (2009), o EIA envolve realidades diversas e imbricadas nos planos ambiental, social, econômico, tecnológico e cultural. Não há como reduzi-lo a um plano de análise sem perder o direcionamento integralizador que caracteriza a sustentabilidade e que constitui uma das principais linhas recentes de investigação sobre ele.

Desse modo, considerando que “(...) a tomada de decisões ambientais implica em processos pelos quais escolhas são feitas sobre atividades que usam recursos naturais ou alteram a paisagem de alguma forma. E que, essas escolhas têm consequências para o meio ambiente e para a sociedade” (WILLIAMS & DUPUY, 2017), bem como, que “(...) a análise do conteúdo dos EAs deve ser feita com base em certos critérios preestabelecidos, por meio dos quais se avalia a qualidade e a adequação dos estudos apresentados” (SÁNCHEZ, 2008), entende-se que a deliberação pela aplicação do citado projeto, baseada no julgamento ambiental do órgão ambiental, é de cunho não apenas ambiental, mas também social e econômica.

Diante da citada problemática, este trabalho destina-se a analisar qualitativamente a coerência técnico-documental de Estudos Ambientais (EAs) de projetos de intervenções em cursos d’água perenes, objetos do licenciamento ambiental de órgãos ambientais brasileiros, frente ao atendimento de critérios técnico-documentais estabelecidos pela legislação ambiental vigente do Brasil.

Para isto, o trabalho de caráter exploratório utiliza-se metodologicamente de revisão bibliográfica, pesquisa documental e a aplicação de protocolo de análise técnico-documental construído, para efetuar a citada análise em 10 (dez) estudos ambientais componentes de processos de licenciamento ambiental (licença prévia, licença de instalação ou autorização ambiental) de projetos de intervenções em cursos d’água (barragens, dragagem e retificação de rios), os quais foram submetidos, entre os anos de 2010 a 2017, à AIA, nos seguintes órgãos ambientais brasileiros: Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH), à

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) e à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD) .

2.3 Sustentabilidade e a Avaliação de Impacto Ambiental no processo de Licenciamento Ambiental no Brasil

A sustentabilidade envolve a conservação de ‘algo’, para as gerações futuras (MARTINET, 2011). O conceito contempla em seu discurso: a integração pragmática do desenvolvimento e de meio ambiente; a ideia de limitações nas atividades humanas; o processo de mudança/transição direcionada e, por fim, a promoção da resiliência e da justiça (POPE, 2016). Todavia, entende-se que a definição do termo ‘sustentabilidade’, e/ou ‘desenvolvimento sustentável’, não está de modo algum acordada e está sujeita a julgamentos de valor (BELL & MORSE, 2008).

Segundo Van Bellen (2004), Patterson (2010) e Fischer & Jha-Thakur (2013), por se tratar de um processo contínuo e complexo, existem várias abordagens que procuram explicar o seu conceito e sua teoria e práticas estão em constante progresso, no qual “deve-se adotar uma abordagem holística para entender as interações dinâmicas entre a natureza e a sociedade e avaliar a vulnerabilidade e resiliência de sistemas sociais e ecológicos complexos” (SALA *et al.*, 2015).

A AIA, que em todo mundo foi formalizada e se consolidou pela via legal, é apenas um dos instrumentos empregados para tentar compatibilizar desenvolvimento econômico e social com proteção e melhoria da qualidade ambiental, tendo como ideal o desenvolvimento sustentável (SÁNCHEZ, 2013; TORO *et al.* 2013; BRAGAGNOLO *et al.*, 2017). Historicamente, a AIA surgiu por uma necessidade de harmonizar o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental, no sentido de um desenvolvimento sustentável do ponto de vista ambiental, econômico e social, tal como afirmado na Conferência de Estocolmo sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano em 1972 (NEVES *et al.*, 2013).

De acordo com Moreira (1985), Moraes & Santos (2004) e Galás *et al.* (2015) os Estados Unidos da América foi o primeiro país a adotar uma legislação específica sobre a Avaliação, denominada de National Environmental Policy Act (NEPA), datada de 1969. Para Stamm (2003) esta Lei estabelecia a necessidade da preparação de uma declaração prevendo os impactos ambientais para qualquer tipo de projeto.

Bond *et al.* (2011) cita que o fato do desenvolvimento do uso do solo ter o potencial de causar impactos ambientais há muito tempo reconhecido e, desde 1988, como resultado de obrigações impostas pela Diretiva de Avaliação de Impacto Ambiental do Conselho das

Comunidades Européias, conduziu-se à determinação da exigência que, projetos com impactos ambientais potencialmente significativos¹ devem ser submetidos à AIA.

Em 1994, o Grupo criou um quadro de referência para a implementação do sistema de AIA nos sistemas jurídicos dos Estados Membros da União Européia, incluindo os países pertencentes ao Grupo Visegrad (V4): Polônia, Eslováquia, República Checa e Hungria. (LEE *et al.*, 1999; GALÁS *et al.*, 2015). Tal procedimento trouxe orientação através do fornecimento de informações aos tomadores de decisão, detalhando as implicações ambientais da concessão e permissão para possível aplicação dos projetos em questão.

Nesta perspectiva, Morgan (2012) menciona que os procedimentos de AIA são empregados no mínimo em 181 países. Entretanto, conforme Galás *et al.* (2015), cada país tem diferenças em seu processo de avaliação e em sua legislação nacional de AIA decorrentes de suas próprias peculiaridades. E “(...) sua utilidade, no entanto, depende sobre como elas são implementadas e sobre se as descobertas são usadas na tomada de decisões públicas” (WILLIAMS & DUPUY, 2017).

Todavia, diferentemente de países desenvolvidos, que implantaram a AIA em resposta a pressões sociais e ao avanço da consciência ambientalista (MORGAN, 2012), Viegas (2009) cita que no Brasil, ela foi adotada principalmente por exigência dos organismos multilaterais de financiamento (Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID e Banco Mundial para Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD) e teve suas origens na Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981) (BRASIL, 1981) e, antes, na Lei de Zoneamento Industrial (Lei Federal nº 6.830, de 22 de setembro de 1980) (BRASIL, 1980).

De acordo com a Cetesb (2014), os sistemas de AIA variam muito entre os vários países. Alguns são leis, normas ou estatutos, que são exigidos pelas autoridades antes da permissão de implementação de um projeto. Em outros casos, apenas diretrizes sobre AIA foram estabelecidas, impondo algumas obrigações para os órgãos governamentais.

Para Sánchez (2008), quando a AIA foi introduzida no Brasil, já havia no plano federal, diversos instrumentos legais no campo do meio ambiente – então, a AIA soma-se a um quadro preexistente, mas o modifica, ao estabelecer, de maneira incontestável, a importância dos enfoques preventivos, a prevenção do dano ambiental e a prevenção de degradação ambiental.

¹ Segundo Teixeira (2010), a expressão “significativo impacto” é bastante subjetiva e confere certa margem de discricionariedade ao órgão ambiental, de maneira que, a depender dos valores e da política ambiental do ente licenciador, o seu alcance pode variar demasiadamente. Segundo Sánchez (2008), o enquadramento para classificação da atividade como de significativo impacto ambiental pode ser realizado mediante o uso de procedimentos como listas positivas e negativas; critérios de corte e de localização; determinação de recursos ambientais potencialmente afetados.

Assim, “(...) a fim de identificar, prever, interpretar e prevenir as consequências ou efeitos ambientais que determinadas ações, planos, programas ou projetos possam causar à saúde, ao bem estar humano e ao entorno, a Resolução do Conama nº 001/1986 (BRASIL, 1986) introduziu a AIA na forma do estudo ambiental, estabelecendo um padrão técnico-científico para sua legitimação perante os setores e os segmentos sociais” (CARDOSO *et al.*, 2015).

E, apesar da Avaliação por sua própria natureza, ser um procedimento técnico, ele contribui muito para produção política e técnica- científica. Logo, pode-se definir que “a AIA é um procedimento administrativo de tomada de decisão, que vem com uma série de métodos que podem ser aplicados em diferentes situações, que vão desde projetos individuais às políticas, planos e programas” (FISCHER & JHA-THAKUR, 2013). Consiste em uma família de ferramentas, incluindo avaliação de impacto social, avaliação de impacto da biodiversidade e avaliação de impacto na saúde (LEUNG *et al.*, 2015).

De tal modo, Sánchez (2008) orienta que toda AIA tem os seguintes pontos em comum: é um conjunto estruturado de procedimentos; é regida por legislação ou regulamentação específica; é documentada; envolve diversos participantes; é voltada à análise de viabilidade ambiental, ou seja, seus critérios devem servir para avaliar se e até que ponto um determinado projeto é compatível com as condições do ambiente em que pretende se inserir.

No Brasil, é através do licenciamento ambiental, um dos principais instrumentos de comando e controle da Política Nacional de Meio Ambiente do Brasil, estabelecido pela mesma Lei, que “a Administração Pública busca exercer o necessário controle sobre as atividades humanas que interferem nas condições ambientais, de forma a compatibilizar o desenvolvimento econômico com a preservação do equilíbrio ecológico” (MILARÉ, 2009).

O instrumento como um “(...) processo administrativo, eivado de instrumentos de gestão ambiental e participação pública, propicia a avaliação dos impactos socioambientais dos determinados projetos, visando a uma decisão administrativa sensata quanto ao deferimento ou indeferimento de uma licença ambiental pelo órgão ambiental competente” (TEIXEIRA, 2010). Por meio dele, conforme a Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997, o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

Entretanto, “(...) seus objetivos limitam-se a subsidiar as decisões de aprovação de projetos de empreendimentos individuais, e não os processos de planejamento e as decisões

políticas e estratégicas que os originam” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002). No caso de projetos e atividades que possam causar significativa degradação ambiental, a legislação atual do Brasil exige que EAs guiem o órgão ambiental para autorizar (ou não) as iniciativas de desenvolvimento propostas (BRAGAGNOLO *et al.*, 2017).

De acordo com a Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997, são EAs todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida. Cabe principalmente às equipes elaboradoras desses estudos estabelecerem e seguirem instrumentos que possam complementar a legislação, fazendo-se tecnicamente corretos, revisáveis, eficientes e capazes de ser traduzidos em linguagem simples para acesso e compreensão do público em geral. Esta tarefa, contudo, não é simples (SÁNCHEZ, 2008; VIEGAS, 2009; NEVES, 2013).

Ao planejar o estudo, o analista depara-se com a necessidade de estabelecer critérios para incluir ou excluir determinado impacto potencial da relação daqueles que merecerão estudos e levantamentos detalhados durante a preparação dos estudos. (...) em termos práticos, pelo menos três tipos de critérios têm se mostrado úteis para definir as questões relevantes em um EIA: a experiência profissional dos analistas; a opinião do público e requisitos legais (SÁNCHEZ, 2008). Reconhecer, compreender e considerar a incerteza é, portanto, essencial para garantir uma boa AIA (LEUNG *et al.*, 2015).

E, apesar de possuir objetivos definidos e apresentados de forma explícita pelo conjunto de normas, compreende-se que o licenciamento ambiental depende de ferramentas, documentos e EAs que possam dar subsídios à adequada análise e avaliação ambiental dos empreendimentos/atividades em questão, tais como: Termo de Referência (TR), Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), Plano de Controle Ambiental (PCA), Relatório de Controle Ambiental (RCA), Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), Parecer Técnico (PT).

O “órgão ambiental competente através de equipe especializada e fundamentado nestes estudos, inicialmente deve ponderar de alguma forma a consecução do empreendimento/atividade em questão, em viabilidade à sustentabilidade e, posteriormente no caso de compatibilidade, deve direcionar por meio de exigências e requisitos, medidas que projetem promover a preservação, a conservação e/ou a restauração da qualidade ambiental” (SÁNCHEZ, 2008; VALINHAS, 2010).

Portanto, entende-se que o Estado, através do órgão ambiental, ao assumir esta competência, é responsável por indicar que atividades e/ou empreendimentos devem passar por exigências, restrições e observações para sua instalação e operação, bem como em alguns casos, ser exigida a reposição do recurso pela degradação ambiental.

2.3.1 *Licenciamento Ambiental de projetos de intervenções em cursos d'água*

O processo de composição do licenciamento ambiental é um sistema aberto, integrado e multidisciplinar, que deve estar embasado em princípios e conhecimentos legais, técnicos e científicos haja vista a diversidade e complexidade de projetos e atividades que os demandam.

Dentro do processo de AIA, a etapa de avaliação ou análise técnica dos Estudos Ambientais (EAs) apresentados tem a função de verificar a conformidade desses estudos com os critérios estabelecidos (SÁNCHEZ, 2008). Diante desta questão, utiliza-se de uma ferramenta denominada Termo de Referência (TR) para “(...) estabelecer as diretrizes orientadoras, conteúdo e abrangência do estudo exigido do empreendedor, em etapa antecedente à implantação da atividade modificadora do meio ambiente” (ABSY *et al.*, 1995).

Para os casos de projetos de barragens, dragagens e retificação de rios, assim como para outras obras de significativo impacto ambiental, Sánchez (2013) cita que o TR deve orientar a elaboração, definir o conteúdo, abrangência, métodos; e estabelecer a estrutura desses EAs. Além disso, a ferramenta, como documento norteador, deve integrar as demandas e pontos de vistas de todos os interessados na atividade/empreendimento proposto.

Considerando a conjuntura do desenvolvimento metodológico da área de licenciamento ambiental de obras de intervenções em cursos d'água, conforme cita Cruz *et al.* (2010), há uma grande heterogeneidade de comportamentos dos órgãos ambientais, dada a sua volatilidade de pessoal ou devido ao peso político da área ambiental sobre as decisões referentes aos grandes projetos de investimentos. As incertezas relativas aos desenvolvimentos técnico-científicos recentes e a pouca disponibilidade de pessoal qualificado nestas áreas novas, tem levado a uma grande variedade de comportamentos institucionais, resultando em processos de licenciamento que não necessariamente acompanham os avanços metodológicos refletidos em nível federal nas unidades da federação.

Além disso, no processo de licenciamento ambiental de intervenções em cursos d'água, no geral, o rio não é considerado como um sistema. Sobre isto, Cruz *et al.* (2010) cita que esta prática não está de acordo com o que prevê a legislação ambiental, a qual prevê que a unidade de planejamento é a bacia hidrográfica e que todos os estudos devem levar em conta os efeitos na mesma. Normalmente, o atendimento a este preceito é formalmente contemplado informando a

bacia hidrográfica na qual está inserido o empreendimento, e não pelo estudo da propagação dos impactos em toda a bacia através da conexão da rede hidrográfica.

Desse modo, o licenciamento ambiental apesar de ter como fundamento básico para análise para estes tipos de projeto, a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, sua análise ambiental está embasada em informações e dados locais tendo, assim, uma lacuna referente aos impactos gerados ao longo de toda a bacia hidrográfica, uma vez que tem o curso d'água como principal elemento geomorfológico estruturador da dinâmica natural desta unidade.

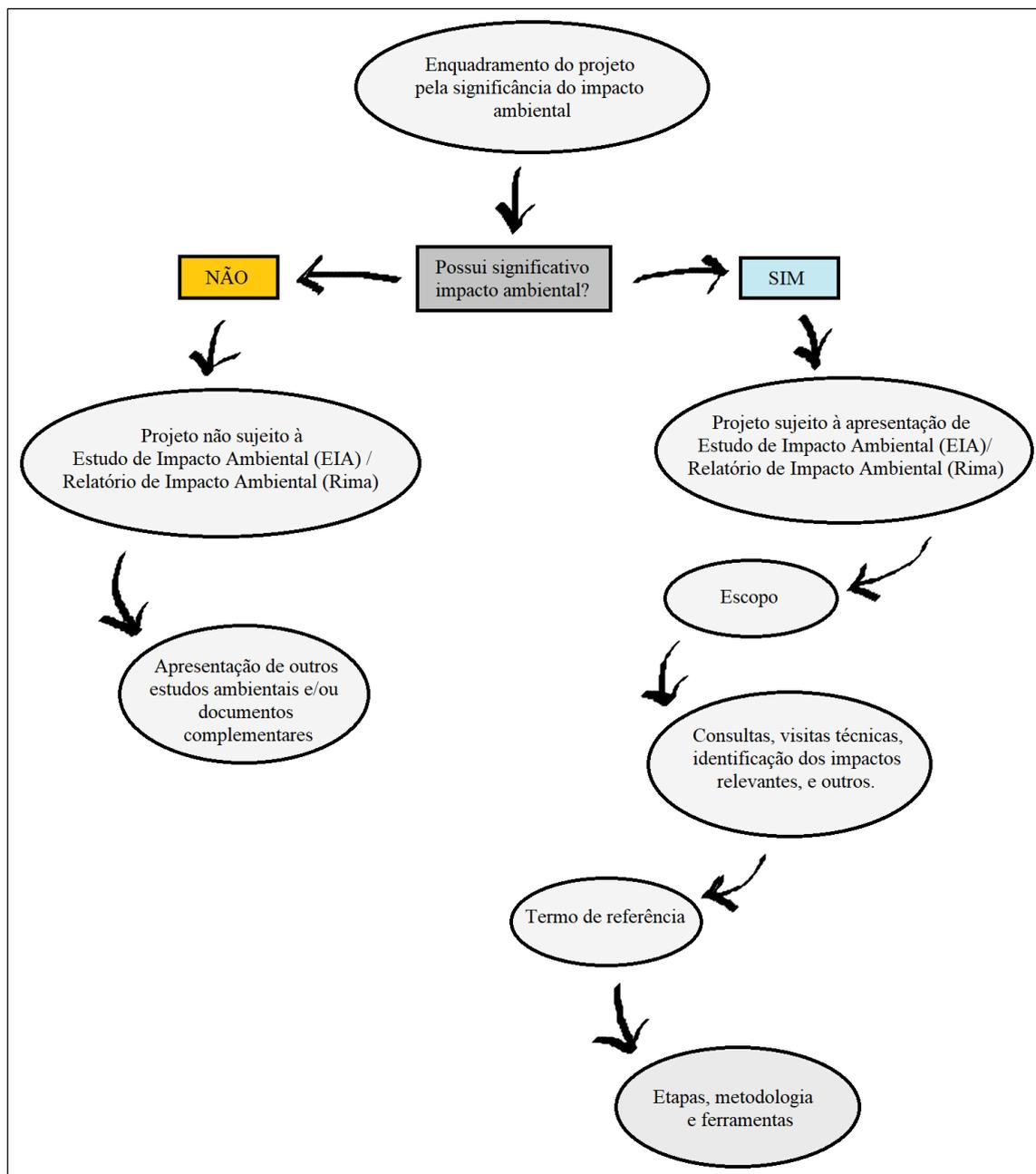
2.3.2 Dos Estudos Ambientais à Avaliação de Impacto Ambiental de projetos de intervenções em rios

De acordo com a classificação e informações do Portal Nacional do Licenciamento Ambiental do MMA (2018), entre o período de 01/01/2010 a 31/12/2017, 30.856 licenças ambientais estaduais do tipo: prévia, de instalação, prévia e de instalação, simplificadas e autorização ambiental, na situação de vigentes, concluídas ou vencidas, foram concedidas para o enquadramento de tipologias de hidráulicas como obras de instalação de barragens e diques; dragagem e derrocamento em corpos d'água e retificação e canalização de cursos d'água.

Apesar da elaboração de alguns EAs ser comumente exigido na maioria dos Estados do Brasil, o conteúdo desses estudos, e a fase do licenciamento em que poderão ser solicitados pode variar de Estado para Estado, de acordo com legislações e procedimentos próprios. “Em muitos estados, o EA é substituído por uma listagem de documentos pré-determinados de acordo com a atividade e porte do empreendimento” (MMA, 2017).

A rigor, o conjunto de atos que compõem a documentação que subsidiará a emissão de uma licença ambiental constitui-se em processo administrativo, que tramita perante o órgão ambiental competente (TEIXEIRA, 2010). De acordo com Sánchez (2008), a definição dos estudos técnicos necessários ao licenciamento cabe ao órgão licenciador. Todavia, nos casos de empreendimentos que tenham o potencial de causar degradação significativa, sempre deverá ser exigido o EIA, nos termos do dispositivo constitucional como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Representação das etapas preliminares à elaboração de um EIA



Fonte: Adaptado de Viegas (2009)

Nos EIAs, são abordados os aspectos técnicos necessários à avaliação dos impactos ambientais a serem gerados pelo empreendimento (PERMINOVA, 2016; MMA, 2017). Além disso, este tipo de estudo “(...) deve ser transparente, responsável e participativo, a fim de identificar corretamente os impactos e as medidas de mitigação e, assim, permitir decisões que reduzem os custos sociais e ambientais que os indivíduos devem suportar” (WILLIAMS & DUPUY, 2017).

Para Viegas (2009), a complexidade inerente a esse tipo de estudo, requer a conjugação de elementos do ambiente natural – quanto à sua identificação, impactos sofridos e prognósticos futuros – e do ambiente criado socioeconômica e culturalmente. Ou seja, o EIA evoca a si a pluralidade e a diversidade de disciplinas e visões de mundo que o ensejam.

Desse modo, conforme a Resolução Conama nº 001/1986, para os casos de obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragem para fins hidrelétricos, acima de 10MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias e diques são objetos de AIA, a partir da análise de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (Rima).

Segundo Teixeira (2010), a pretensão de instalação desse tipo de obra traz consigo, além da obrigatória elaboração de EIA e Rima a atestar a viabilidade socioambiental do projeto, uma série de etapas a ser observada no referido processo, qualificando-o como um processo administrativo de procedimento complexo.

Além disso, destaca-se que o “EIA e Rima, bem como as demais AIAs, têm de ser exigidos, elaborados e aprovados antes da concessão da licença prévia, até porque se trata de pré-requisito” (MIRRA, 2002). Todavia, alguns casos podem não ser considerados pelo órgão ambiental competente como empreendimento/atividade de significativo impacto ambiental. Nesta situação, são exigidos apenas estudos ambientais de menor complexidade para compor o processo de licenciamento ambiental.

Assim, independente dos estudos exigidos, mas diante da complexidade desses tipos projetos e de seus impactos no ambiente, a equipe técnica elaboradora e, principalmente a equipe avaliadora em âmbito governamental, deve estar embasada de informações e dados coerentes e seguros para oferecer embasamento técnico-científico à composição de avaliação conclusiva e, conseqüentemente, posterior tomada de decisão sobre o desenvolvimento do projeto proposto.

2.4 Metodologia de trabalho

Este trabalho caracterizado como pesquisa do tipo descritiva e exploratória de caráter qualitativo, tem como enfoque o levantamento de dados e informações obtidas através de revisão bibliográfica e pesquisa documental, tendo como grupo amostral 10 (dez) estudos ambientais (EIA, RIMA, Relatório Ambiental Simplificado (RAS) e outros), componentes de processos de licenciamento ambiental (licenças prévias, licenças de instalação ou autorizações ambientais) de projetos de intervenções em rios (obras de construção de barragem, dragagem, retificação e requalificação de cursos d'águas), selecionados aleatoriamente e submetidos entre os anos de

2010 a 2017 à AIA dos seguintes órgãos ambientais estaduais brasileiros: Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH), à Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) e à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD) (Quadro 1).

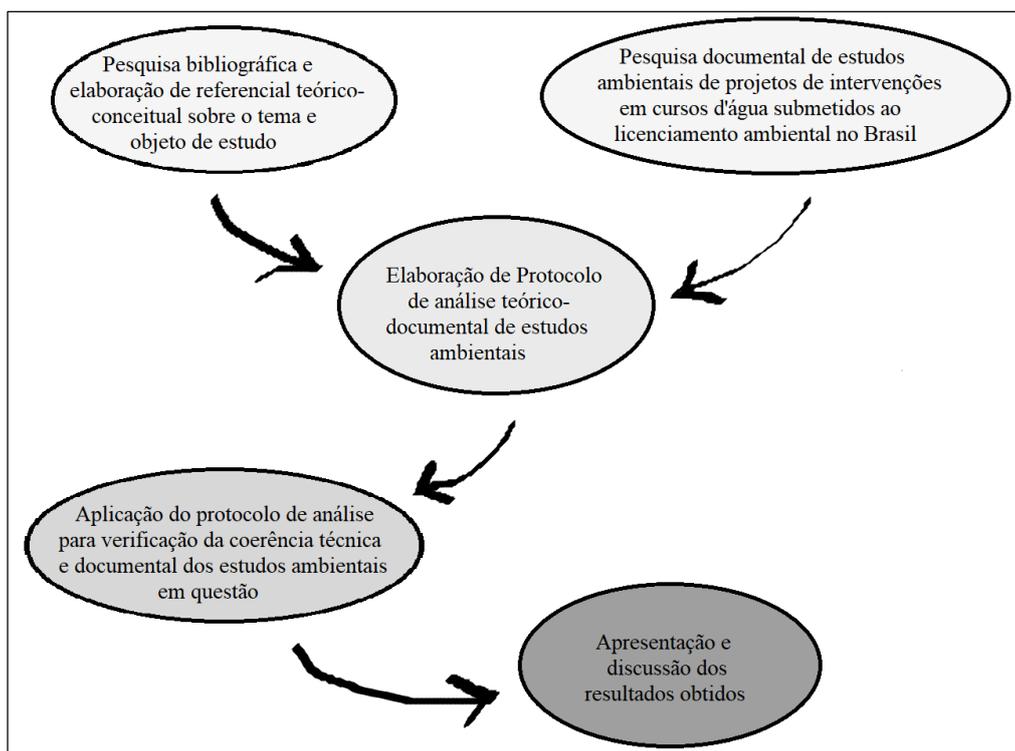
Quadro 1 - Processos de projetos de intervenções em cursos d'água submetidos ao licenciamento ambiental e consultados em arquivos de órgãos ambientais estaduais do Brasil.

Nº de identificação de projeto	Nº do processo	Ano de origem	Tipo de projeto	Tipo de licença ambiental	Órgão de Origem	Situação
01	011851	2010	Retificação de curso d'água	Licença de instalação	SEMAD	Deferido
02	001637	2011	Barragem para abastecimento	Licença prévia	CPRH	Deferido
03	000095	2012	Barragem para abastecimento	Licença prévia	CPRH	Deferido
04	011794	2012	Requalificação fluvial	Licença prévia e de instalação	CPRH	Em análise
05	000189	2013	Barragem para abastecimento	Licença prévia	Cetesb	Deferido
06	008765	2013	Barragem para contenção de cheias	Licença prévia	SEMAD	Deferido
07	018361	2014	Dragagem	Autorização ambiental	SEMAD	Deferido
08	000113	2014	Barragem para abastecimento e contenção de cheias	Licença prévia	Cetesb	Deferido
09	008598	2016	Requalificação fluvial	Licença de instalação	CPRH	Em análise
10	001733	2017	Retificação de curso d'água	Licença de instalação	CPRH	Deferido

Fonte: A autora

Desse modo para consecução do objetivo, a pesquisa está estruturada em etapas que se desdobram em pré-análise e exploração de material documental e bibliográfico; coleta e tratamento de informações e dados documentais e bibliográficos; desenvolvimento de protocolo de análise dos dados e informações; e, por fim, apresentação e interpretação dos resultados obtidos, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Representação das etapas metodológicas para consecução do objetivo da pesquisa



Fonte: A autora

Com relação à pesquisa documental, esta confere embasamento à discussão quanto à análise de coerência, a qual incide na verificação da consistência dos dados e informações apresentadas e fundamentadoras dos estudos ambientais solicitados no licenciamento ambiental. Assim, como ferramenta para análise da documentação obtida na pesquisa, é elaborado um protocolo de análise documental de caráter qualitativo, à luz da experiência técnica do autor deste trabalho, sendo baseado na Resolução Conama nº 01/1986 e nos trabalhos técnicos de Lee (1999), Sánchez (2008), Viegas (2009), Cruz (2013) e Canter (2014).

Este protocolo elaborado de forma genérica, é composto por 10 (dez) critérios de análises adaptados de Bojórquez-Tapia & Garcia (1998), onde cada um deles foi subdividido, tendo o total de 18 (dezoito) itens de análise. Para cada item foi determinada uma pontuação escalar em números inteiros, cuja gradação de menor para maior corresponde ao grau crescente de cumprimento do critério, foram convencionadas de zero (0) a dois (2); de zero (0) a três (3); ou de zero (0) a cinco (5), a depender do critério. A pontuação zero (0) representa o não cumprimento do critério exposto, e o número mais elevado apresentado, para cada critério, o pleno cumprimento do mesmo, finalizando o escore total de 45 (quarenta e cinco) pontos, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Protocolo de análise documental e consistência técnica de estudos ambientais.

Crítérios	Descrição		Pontos	
Informação	Os dados necessários para identificação e análise dos impactos são formalmente apresentados e analisados	Diagnóstico ambiental	Não	0
			Sim, com omissões importantes	1
			Sim, mas insuficiente para análise	2
			Sim, mas de difícil compreensão	3
			Sim, com poucas correções necessárias	4
		Sim, apresentação exata e adequada	5	
		Características técnicas do projeto	Não	0
			Sim, com omissões importantes	1
			Sim, mas insuficiente para análise	2
			Sim, mas de difícil compreensão	3
			Sim, com poucas correções necessárias	4
		Sim, apresentação exata e adequada	5	
		Características técnicas de projetos alternativos	Não	0
			Sim, com omissões importantes	1
			Sim, mas insuficiente para análise	2
Sim, com poucas correções necessárias	3			
Sim, apresentação exata e adequada	4			
Documentação	As fontes de informação são claramente referidas		Não	0
			Parcialmente	1
			Sim	2
Levantamentos	Os levantamentos de dados primários e secundários são descritos com metodologia, resultados e interpretação	Dados e informações ambientais	Não	0
			Parcialmente	1
			Sim	2
		Dados e informações sociais	Não	0
			Parcialmente	1
			Sim	2
		Dados e informações econômicas	Não	0
			Parcialmente	1
			Sim	2
Metodologia	Técnicas usadas para análise dos impactos são descritas e usadas de acordo com a descrição apresentada		Não	0
			Sim, com limitações técnicas	1
			Sim, bastante clara	2
Coerência	Dados apresentados são usados para a análise dos impactos		Não	0
			Sim, parcialmente alguns são desconsiderados e/ou omitidos	1
			Sim, de forma objetiva e multidisciplinar	2
Quantificação	Estimativas quantitativas aplicadas	Na área afetada	Não	0
			Sim, parcialmente/com algumas deficiências	1
			Sim, claramente	2
		Nas atividades do projeto	Não	0
			Sim, parcialmente/com algumas deficiências	1
			Sim, claramente	2
Consistência	Definição prévia e aplicação de critérios de avaliação da importância dos impactos previstos		Não	0
			Sim, mas com aplicação ilógica	1
			Sim, mas com aplicação inconsistente	2
			Sim, com aplicação consistente	3
Objetividade	Análises e conclusões são imparciais		Não	0
			Parcialmente	1
			Sim	2
	Impactos relevantes são destacados		Não	0
			Parcialmente	1
			Sim	2
Especificidade	Medidas mitigadoras estão relacionadas aos impactos previstos		Não	0
			Parcialmente	1
			Sim	2
Auditabilidade	Programa de acompanhamento e monitoramento de medidas mitigadoras (os impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados)	Medidas mitigadoras apresentadas estão de acordo com os resultados da avaliação de impactos	Não	0
			Sim, parcialmente/com algumas deficiências	1
			Sim, totalmente	2
		Medidas mitigadoras consistentes e detalhadas	Não	0
			Sim, parcialmente/com algumas deficiências	1
			Sim, totalmente	2
		Rastreabilidade (medidas mitigadoras são formuladas para permitir a verificação posterior de sua aplicação e eficiência)	Não	0
			Sim, parcialmente/com algumas deficiências	1
			Sim, totalmente	2
Escore total			45	

Fonte: Baseado na Resolução Conama nº 01/1986, Bojórquez-Tapia & Garcia (1998), Lee (1999), Sánchez (2008), Viegas (2009) e Canter *et al.* (2014)

Desse modo, os processos de licenciamento juntamente com seus estudos ambientais selecionados, são analisados e enquadrados na descrição dos critérios do referido protocolo, obtendo-se assim, pontuações relativas à sua qualidade documental e consistência técnica dos dados e informações apresentados. Estes, são então direcionando-se ao julgamento quanto aos aspectos de clareza, coerência e rigor técnico-científico, uma vez que esta ferramenta tem a finalidade de demonstrar quantitativamente a coerência técnica existente na composição de estudos ambientais de obras de intervenções em cursos d'água a partir da consideração de elementos e fatores definidos em legislação ambiental e em TRs de processos de licenciamento ambiental desta tipologia objeto de investigação.

Por fim, como forma de classificar a coerência técnico-documental dos processos analisados, estes são enquadrados de acordo com a pontuação total obtida, no Quadro 3, a qual tem sua escala de gradação baseada no valor do escore total do protocolo (45 pontos) e, estruturada a partir do modelo de Escala de Likert (LIKERT, 1932; DALMORO & VIEIRA, 2013).

Quadro 3 – Escala de classificação de coerência técnico-documental por pontuação, dos estudos ambientais dos projetos de intervenções em cursos d'água.

Totalmente incoerente	Muito incoerente	Pouco coerente	Muito coerente	Totalmente coerente
1 a 9	10 a 18	19 a 27	28 a 36	37 a 45

Fonte: A autora

2.5 Resultados e discussão

A partir da análise dos documentos e estudos ambientais dos citados processos de licenciamento ambiental, as informações e os dados obtidos foram definidos e enquadrados conforme parâmetros estabelecidos no protocolo de análise elaborado. Desse modo, a qualidade documental e a consistência técnica desses estudos foram qualiquantificados de acordo com a escala de classificação de coerência técnico-documental por pontuação, como forma de demonstração de clareza, coerência e rigor técnico-científico (Quadro 4).

Quadro 4 – Classificação de coerência técnico-documental por pontuação, dos estudos ambientais dos projetos de intervenções em cursos d'água.

n° de identificação do processo	Pontuação obtida no Protocolo de análise	Classificação de coerência técnico-documental
01	18	Muito incoerente
02	18	Muito incoerente
03	31	Muito coerente
04	26	Pouco coerente
05	26	Pouco coerente
06	17	Muito incoerente
07	20	Pouco coerente
08	38	Totalmente coerente
09	28	Muito coerente
10	12	Muito incoerente

Fonte: A autora

Considerando a pontuação máxima estabelecida no Protocolo de análise (Quadro 2), observa-se na Tabela 1, referente à pontuação detalhada por critérios. No geral os estudos ambientais analisados apresentam boa qualidade de informações técnicas sobre o projeto, com diagnóstico ambiental satisfatório, exposição das informações ambientais, estimativas quantitativas aplicadas ao projeto e, especificidade e auditabilidade satisfatórias referentes às medidas mitigadoras diante dos impactos previstos e, sobre os resultados da avaliação de impactos.

Todavia, entre as pontuações alcançadas, verifica-se que nestes projetos de intervenções, em sua maioria, não foram apresentados projetos alternativos, as fontes de informações documentais não são claramente referidas, dados sociais e econômicos não são tratados de forma direta e por muitas vezes, são desconsiderados, como também, as análises e conclusões não são imparciais.

Por fim, destaca-se que nenhum dos processos analisados obteve a pontuação máxima de 45 (quarenta e cinco) pontos, tendo em sua maioria, valores entre 25 e 30 pontos, podendo-se classificar como de pouca coerência técnico-documental.

Tabela 1 - Pontuação dos estudos ambientais referentes aos projetos de intervenções em cursos d'água, a partir da aplicação do Protocolo de análise técnico-documental

Crítérios	Descrição		Projeto1	Projeto2	Projeto3	Projeto4	Projeto5	Projeto6	Projeto7	Projeto8	Projeto9	Projeto10	
Informação	Os dados necessários para identificação e análise dos impactos são formalmente apresentados e analisados	Diagnóstico ambiental	2	1	4	4	4	3	4	5	4	2	
		Características técnicas do projeto	4	2	5	2	4	4	4	4	4	4	4
		Características técnicas de projetos alternativos	0	0	1	0	1	0	0	0	4	0	0
Documentação	As fontes de informação são claramente referidas		1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	
Levantamentos	Os levantamentos de dados primários e secundários são descritos com metodologia, resultados e interpretação	Dados e informações ambientais	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	0
		Dados e informações sociais	0	1	1	1	0	0	0	0	2	2	0
		Dados e informações econômicas	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0
Metodologia	Técnicas usadas para análise dos impactos são descritas e usadas de acordo com a descrição apresentada		1	2	1	2	0	1	1	1	1	0	
Coerência	Dados apresentados são usados para a análise dos impactos		1	1	2	2	1	1	1	2	1	0	
Quantificação	Estimativas quantitativas aplicadas	Na área afetada	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
		Nas atividades do projeto	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1
Consistência	Definição prévia e aplicação de critérios de avaliação da importância dos impactos previstos		0	0	2	2	2	0	0	3	1	0	
Objetividade	Análises e conclusões são imparciais		1	0	1	1	1	0	0	2	0	0	
	Impactos relevantes são destacados		1	1	2	1	2	0	0	2	1	0	
Especificidade	Medidas mitigadoras estão relacionadas aos impactos previstos		1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	
Auditabilidade	Programa de acompanhamento e monitoramento de medidas mitigadoras (os impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados)	Medidas mitigadoras apresentadas estão de acordo com os resultados da avaliação de impactos	1	1	2	1	2	1	2	2	2	1	
		Medidas mitigadoras consistentes e detalhadas	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
		Rastreabilidade (medidas mitigadoras são formuladas para permitir a verificação posterior de sua aplicação e eficiência)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Pontuação total			18	18	31	26	26	17	20	38	28	12	

Fonte: A autora

2.6 Considerações finais

Apesar das pontuações atribuídas aos estudos ambientais terem como base a utilização do Protocolo de análise elaborado e de serem indicadas pelo pesquisador-observador, entende-se que, embora sejam documentos exigidos por Lei, os Estudos Ambientais em muitos casos, não apresentam conformidade em relação à apresentação de informações e dados técnicos essenciais ao processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), dificultando tecnicamente as análises para o devido licenciamento ambiental da atividade/empreendimento em questão.

Sabe-se que a elaboração dos estudos ambientais é de responsabilidade de profissionais especialistas na área, porém, em muitos estudos, como mostram os resultados apresentados, a sobreposição de laudos técnicos e descrições separadas de elementos ambientais, bem como de aspectos sociais e econômicos, pode levar a interpretação apenas pontual do objeto de estudo. Este fato pode ser atribuído à falta de orientações e procedimentos padrões quanto à elaboração desses documentos e apresentação das informações, contribuindo, assim, para a falta de precisão, clareza e coerência técnica que deve subsidiar à análise técnica dos órgãos ambientais responsáveis pela tomada de decisão.

Desse modo, pode-se compreender que a prática de elaboração de estudos ambientais para a AIA, pode, então, acontecer simplesmente pelo formalismo documental do processo de licenciamento ambiental, visando a obtenção de licenças ambientais, até mesmo para os casos de empreendimentos e atividades de significativos impactos ambientais. Pois, apesar de não atenderem determinações jurídicas e técnicas, os projetos analisados submetidos ao licenciamento ambiental podem ser artifícios de solicitações atendidas.

Além disso, embora a pesquisa tenha como fundamento a aplicação do protocolo em um quantitativo limitado de estudos ambientais de projetos de intervenções em cursos d'água, considera-se que o seu propósito principal foi alcançado. Com esta ferramenta aprimorada, foi possível classificar a coerência técnico-documental desses estudos de projetos específicos como, também, o mesmo pode ser empregado para outras diferentes tipologias com distintos objetos de avaliação ambiental, podendo ser então, um instrumento de aplicação rápida, que pode classificar e apresentar a qualidade da consistência documental e técnica dos estudos ambientais.

Por fim, é importante também ressaltar que o não cumprimento de um Termo de Referência (TR) e/ou de recomendações de equipe técnica multidisciplinar do órgão ambiental, deve por questões legais e ambientais, motivar a não aprovação de um determinado projeto, já o TR possui orientações de estudos, informações e documentações básicas necessárias para dar subsídios técnicos à correta AIA.

3 INDICADORES DE IMPACTOS HIDROAMBIENTAIS PARA AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE INTERVENÇÕES EM RIOS PERENES

3.1 Resumo

Perante a complexidade dos cursos d'água como sistema ambiental, no processo de licenciamento ambiental de projetos de barragem, retificação e dragagem, as diversas perspectivas e variáveis devem ser consideradas durante o processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) para posterior tomada de decisão. Assim, este trabalho tem como objetivo formular indicadores de impactos na perspectiva hidroambiental, baseados em variáveis identificadas nas características ambientais, sociais e econômicas de bacias de rios perenes e, nesses tipos de projetos, a fim de demonstrar qualitativa e quantitativa as consequências hidroambientais decorrentes da adoção de determinada intervenção estrutural no sistema fluvial. Para consecução do produto, a pesquisa de caráter exploratório, descritivo e interpretativo, desenvolve-se a partir de revisão bibliográfica, pesquisa de campo com entrevista a técnicos especialistas e, análise documental de 10 (dez) projetos submetidos ao licenciamento nos órgãos ambientais estaduais de Pernambuco, São Paulo e Minas. Desse modo, foram então definidos 06 (seis) tipos de indicadores de impactos hidroambientais (ambientais, sociais e econômicos) e 18 (dezoito) subindicadores com seus respectivos tipos de relações de impacto quanto a variável utilizada e o seu valor ou escala de valor de referência.

Palavra-chaves: Sistemas ambientais complexos. Indicadores de sustentabilidade. Sustentabilidade hidroambiental. Projetos de intervenções em cursos d'água. Tomada de decisão.

Abstract

In view of the complexity of the watercourses as an environmental system, in the environmental licensing process of dam, rectification and dredging projects, the various perspectives and variables should be considered during the Environmental Impact Assessment (EIA) process for subsequent decision making. The objective of this work is to formulate indicators of impacts in the hydro-environmental perspective, based on variables identified in the environmental, social and economic characteristics of perennial river basins and, in these types of projects, in order to demonstrate quantitatively the hydro-environmental consequences resulting from the adoption of a given structural intervention in the river system. In order to achieve the product, the exploratory, descriptive and interpretive research is carried out based on a bibliographical review, a field research with interviews with technical specialists, and a documental analysis of 10 (ten) projects submitted to licensing in state environmental agencies of Pernambuco, São Paulo and Minas Gerais. Thus, six (6) types of indicators of environmental impacts (environmental, social and economic) and 18 (eighteen) sub-indicators with their respective types of impact relationships were defined as the variable used and its value or scale of reference value.

Keywords: sustainability indicators; hydro-environmental sustainability; projects of interventions in watercourses; complex environmental systems; decision-making.

3.2 Introdução

Os cursos d'água são sistemas ambientais complexos, os quais possuem importância como elemento componente e transformador da paisagem geográfica, bem como, fonte de recurso natural. De acordo com Suguio & Bigarella (1979), estes elementos podem ter origem tanto pela ação dos processos erosivos associados a linhas de convergência quando pela origem escultural, ou por condicionamento geológico, denominado de origem estrutural, em decorrência de falhas, dobramentos, movimentação de placas ou tectônica. Tais processos acontecem em longos períodos, equivalentes a eras geológicas, sendo que a dinâmica da água é a principal responsável pela modelagem da paisagem.

Contudo, observa-se que estes corpos hídricos “(...) frequentemente deixam de ser considerados como elementos estruturadores principais do ordenamento territorial, sendo, por muitas vezes, revestidos e retificados, com o leito e margens dispostos e ocupados por edificações como se fossem compartimentos isolados, comprometendo as interações hidrológicas e também biológicas do sistema interflúvio-fundo do vale” (CARVALHO, GIRÃO & CABRAL, 2017).

Além disso, “(...) quando ocorre uma intervenção humana de grande intensidade, como é o caso das construções de grandes barragens, há o rompimento do equilíbrio longitudinal do rio. (...) Esse tipo de interferência gera uma série de efeitos em cadeia que, dependendo da magnitude e área de abrangência, pode ser irreparável” (CUNHA, 2001).

Sendo assim, uma feição que levou eras geológicas para ser formada, em um curto período de tempo, por uma ação humana, pode ter toda sua dinâmica hidrológica alterada, fato que terá uma série de consequências ambientais a jusante do local impactado (JUSTI JUNIOR & ANDREOLI, 2015).

Diante desta problemática, projetos de intervenções diretas em cursos d'água como os casos de obras de dragagem, retificação e, barragem, são objetos de avaliação do instrumento de licenciamento ambiental. Ao longo desse procedimento avaliativo, “(...) várias perspectivas legítimas diferentes, às vezes conflitantes (interesses de geração atual vs. futuro, locais vs. globais, etc.) são relevantes e precisam ser consideradas durante o processo de tomada de decisão, pois parece inconcebível, hoje em dia, decidir sobre grandes projetos e políticas sem uma análise dos aspectos positivos e impactos negativos sobre o meio ambiente” (GASPARATOS, 2010).

Neste contexto, considerando inclusive que o desenvolvimento da abordagem sistêmica nas análises ambientais é fundamental para compreender a complexidade nas relações entre o

homem e a natureza e a necessidade da abordagem integrativa do entendimento de natureza versus o ser humano, os Indicadores de sustentabilidade surgem como alternativa de ferramenta para o auxílio no processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e, por conseguinte, na tomada de decisão sobre a implementação de projetos, planos e/ou programas governamentais.

De acordo com Pires *et al.* (2016), a comunidade científica tem recomendado fortemente a adoção desta ferramenta para avaliação e monitoramento de progresso em direção ao desenvolvimento sustentável, uma vez que, “(...) experiências passadas e recentes mostraram que os indicadores de sustentabilidade podem ser ferramentas poderosas para medir os resultados de várias intervenções, quando utilizadas de forma adequada” (AGOL *et al.*, 2014).

Segundo o Serviço Social da Indústria (2010), ao definir um conjunto de indicadores para analisar um fenômeno, é preciso cuidar para que o mesmo não seja excessivamente grande a ponto de atrapalhar as atividades do dia a dia ou confundir o acompanhamento, nem tão reduzido, que não possibilite uma visão sistêmica e a tomada de decisões, uma vez que, “Indicadores surgem de valores e geram valores” (RABELO & LIMA, 2007). Para Benetti (2006), um indicador deve obter informações referentes a uma dada realidade, tendo como característica principal a capacidade de sintetizar um conjunto complexo de informações, restando apenas o significado essencial dos aspectos analisados.

Assim, adota-se nesta pesquisa, o conceito de ‘Indicador’ proposto por Siche *et al.* (2007), que define que Indicador é um parâmetro selecionado e considerado isoladamente ou em combinação com outros, para refletir as condições do sistema em análise. No entanto, ressalta-se que “um Indicador por si só não é uma política nem um objetivo, é apenas uma medida de algo” (BOLLMANN & MARQUES, 2000) que, relacionado à dupla função dos Indicadores tanto de natureza científica quanto política, funcionam como uma ferramenta técnica e como uma ferramenta de comunicação. Estes, devem possuir “(...) qualidades que justifiquem sua escolha em um processo de gestão, como relevância, condições analíticas (embasamento técnico-científico), mensurabilidade (dados facilmente disponíveis e a custos aceitáveis), qualidade dos dados, e comparabilidade, a qual é especialmente importante na busca de níveis referenciais para a determinação de metas” (HAMILTON, 1996).

Assim, considera-se que o uso de Indicadores no processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) pode oferecer confiabilidade de informação, comunicabilidade, disponibilidade e periodicidade, desagregação e especialidade com sensibilidade sobre o objeto e seu objetivo de estudo. Pois, “embora seja teoricamente possível encontrar um projeto para qual predominem os impactos positivos, os EIAs são majoritariamente feitos para aquelas propostas que possam

causar significativa degradação ambiental, de onde se pode esperar que, na maioria dos casos, os impactos adversos sejam mais frequentes” (SÁNCHEZ, 2008).

Conforme Carvalho *et al.* (2015), um indicador hidroambiental é um indicador / índice que apresenta uma conotação de correlação entres vários aspectos sociais, econômicos e ambientais e sua suposta relação com o recurso natural água, ou seja, corresponde a uma análise multidisciplinar tratando de vários aspectos de inter-relacionamento entre parâmetros hídricos e ambientais. Além disso, conforme cita Foxon (2002), a construção de um indicador fornece subsídios à formulação de políticas, bem como à tomada de decisão por atores públicos e privados, buscando descrever a interação entre a atividade antrópica e o meio ambiente, bem como conferir maior concretude e funcionalidade ao conceito de sustentabilidade.

Portanto, diante da complexidade dos sistemas fluviais, a começar pela sua dinâmica hidrológica, e que “(...) qualquer avaliação do progresso em direção à sustentabilidade deve também ser um processo integrativo com uma estrutura correspondente para a tomada de decisões” (GIBSON, 2006; GAO *et al.*, 2017), este trabalho tem como objetivo desenvolver Indicadores de sustentabilidade fundamentados em variáveis selecionadas a partir das características hidroambientais (ambientais, sociais e econômicas) de bacias hidrográficas de cursos d’água perenes e de projetos de barragens, dragagens e retificações de cursos d’água.

Esses indicadores devem demonstrar quali quantitativamente a condição hidroambiental atual desse sistema e, as possíveis consequências da aplicação de um determinado projeto de intervenção. Para tal, são propostos por categorias, buscando abranger o maior número possível de condições e aspectos impactados quando da intervenção de um projeto em um curso d’água.

Logo, a composição destes indicadores traz, em seu âmbito estrutural, o intuito de reduzir a incerteza bem como a subjetividade inerente nas avaliações de impactos ambientais com conotação direta à perspectiva hidroambiental, sendo os seus Subindicadores selecionados, considerando a capacidade de abordar o que é considerado necessário para a realização do desenvolvimento sustentável para o ambiente em questão.

Sendo assim, entende-se que sua aplicação deve ser realizada a partir da utilização de informações e dados que devem constar nas etapas de caracterização, identificação das áreas de influência e diagnóstico dos estudos ambientais apresentados para cada projeto proposto, conforme determina a Resolução Conama nº 01/1986, mas também, outros advindos de revisão de literatura especializada e de trabalhos de campo efetuado pela equipe de avaliação técnica.

Em vista disso, foi efetuado o levantamento e a identificação das variáveis por meio de revisão bibliográfica e análise documental de projetos de intervenções em cursos d’água e, posteriormente, aplicação de entrevista via questionário estruturado a técnicos especialistas

brasileiros tanto em avaliação de impacto ambiental e em recursos hídricos, como na elaboração de projetos deste cunho. O referido questionário tem como finalidade, a definição e a ponderação das variáveis, para posterior agregação de valores para construção dos Indicadores, tendo cada um deles, princípios, componentes e características particulares à dinâmica e influência dos seus agentes para com o sistema fluvial.

3.3 Os cursos d'água como sistemas ambientais complexos e as intervenções antrópicas na descontinuidade desses sistemas

Os cursos d'água são os principais elementos de uma bacia hidrográfica. Segundo Christofolletti (1981), eles são as principais vias de transporte dos produtos de meteorização física e química. Ao realizar tal função, a água que flui da terra para os mares, concentradas através dos canais fluviais, formam um sistema altamente organizado e complexo, cuja quantidade de interações e variáveis envolvidas no processo faz que a elucidação completa e simultânea do funcionamento dos canais fluviais seja tarefa bastante difícil.

Diante da complexidade de e entre seus componentes, os cursos d'água são compreendidos como sistemas ambientais complexos, nos quais de acordo com Bertalanffy (1975), Sotchava (1977), Christofolletti (1979) e Christofolletti (1987), atuam conjuntamente três conceitos ou elementos: o todo, as partes e a sua interrelação.

Compreende-se que a organização como sistema complexo “(...) corresponde à disposição das inter-relações de seus elementos que produz uma unidade complexa ou sistema. Seu estudo busca um meio de estimar a probabilidade de um conjunto de variáveis ou elementos em interação se auto-organizarem” (MORIN, 2013).

Porém, a simples interação entre esses elementos não forma um sistema se não forem capaz de criar algo que funcione como um todo integrado. Por outro lado, não é possível compreender totalmente esse todo se não entender quais são suas partes e como elas se interrelacionam (MATTOS & PEREZ FILHO, 2004). Portanto, a organização transforma, produz, liga e mantém o sistema (MARÇAL & LIMA, 2016).

Segundo Christofolletti (1979), Frissel *et al.* (1986), Drew (2005) e Souza (2013), alterações nesse sistema fluvial, mesmo que de baixa intensidade, levam à sua desestabilização devido ao grande número de interações e retroalimentações dos sistemas naturais. Tal acontecimento demanda do sistema um processo natural de reestabilização, no qual podem acontecer, de formas independentes ou associadas, os processos de resiliência ou elasticidade, resistência, multiestabilidade e/ou estabilidade múltipla.

Conforme Mattos & Perez Filho (2004), nas diversas formas em que se apresenta, a estabilidade aponta a capacidade do sistema, mesmo quando submetido a distúrbios, em manter seu padrão global de organização, seja no mesmo estado em que se encontrava antes da perturbação ou em um outro estado. Ainda segundo os mesmos autores (2004), embora os distúrbios possam provocar alterações estruturais e funcionais no sistema, e ainda que haja constantes alterações em componentes e nos modos como os elementos se interrelacionam, um sistema que consegue conservar certa coerência interna e preservar suas características fundamentais de organização ao longo de sua evolução, pode ser considerado estável.

De acordo com Silva (2010), normalmente os sistemas fluviais funcionam dentro de um limite natural de fluxo, movimento de sedimento, temperatura e outras variáveis, no que é denominado de ‘equilíbrio dinâmico’. Quando mudanças nestas variáveis vão além dos seus limites naturais, o equilíbrio dinâmico pode ser perdido, frequentemente, resultando em ajustes no ecossistema que poderá conflitar com as necessidades da sociedade.

Mas, apesar das atuações de elementos da natureza interferir naturalmente nesses complexos ambientais, é através das atividades antrópicas que se provoca a desestabilização nestes sistemas, impactando diretamente na geomorfologia fluvial e nas condições hidrológicas do curso d’água e quebrando o equilíbrio dinâmico.

A ocupação urbana desordenada com seus efeitos de impermeabilização de solo, ocupação de áreas indevidas, lançamento de efluentes e de resíduos sólidos no solo e nos cursos d’água, bem como projetos de engenharia como de canalização, retificação e barramento de rios, são intervenções antrópicas na quebra da harmonia natural dos sistemas fluviais, comprometendo a qualidade dos corpos hídricos.

Como exemplo disso, citam-se as intervenções de canalização de rios, que têm sido empreendidas em muitas partes do mundo e frequentemente implementadas com a utilização de métodos de engenharia de resseccionamento ou de realinhamento do canal fluvial. Essa experiência tem mostrado que a jusante dessas obras pode haver diversas consequências da erosão e da degradação estética e danos às estruturas e características do sistema fluvial em questão.

Estas obras, assim como as de barramento e de retificação, fragmentam o sistema fluvial, “causam impactos hidrológicos potenciais, tanto nas águas superficiais como nas águas subterrâneas, ocorrendo ao longo do trecho do canal modificado, no setor a jusante do mesmo e na planície de inundação” (SANTOS & PINHEIRO, 2002). Diante desta problemática, “(...) mesmo que os conhecimentos científicos e tecnológicos formais sejam ainda incipientes, alguns

esforços concretos atualmente em prática, já constituem tentativas válidas de resgate do enorme passivo existente” (BAPTISTA & CARDOSO, 2013).

No Brasil, de acordo com o Portal Nacional de Licenciamento Ambiental (PNLA) do MMA (2017), entre os anos de 2010 a 2017, foi registrada a emissão de 30.856 licenças ambientais dos tipos prévia, de instalação, simplificada e autorização ambiental referentes à construção de obras hidráulicas, desde dragagens e construção de açudes, até implantação de barragens e retificação de cursos d’água.

Sabendo que “a configuração dos sistemas fluviais está intimamente relacionada à escala espacial da sua análise, podendo assumir as dimensões local, de trecho ou de bacia” (CARDOSO, 2012), compreende-se que as intervenções antrópicas são resultados de uma nova relação com o recurso natural e sua complexidade está associada com a impossibilidade de considerar aspectos particulares de determinados fenômenos, pois, como cita Reynoso *et al.* (2010), intervir em um sistema consiste em atuar de maneira racional e estratégica sobre os seus subsistemas e a estruturação de relações entre os mesmos.

Sobre isto, deve-se observar que a abordagem para avaliação de impactos ambientais referentes às intervenções em cursos d’água pode ser feita a partir de diversos níveis ou esferas específicas. “Em termos geográficos é possível abordar o conceito na esfera mundial, nacional, regional e local. Em relação ao aspecto temporal, pode se abordar a curto, a médio ou a longo prazo; e quanto aos atores envolvidos, a ênfase pode ser atribuída ao indivíduo, ao grupo ou à sociedade” (VAN BELLEN, 2004).

Segundo Souza (2013), dentro da perspectiva espacial sobre a bacia hidrográfica é a ideia de bacia hidrográfica que seria utilizada como unidade de ordenamento do território, por ser uma unidade sistêmica e na escala adequada ao planejamento. Além disso, “em razão das escalas em que operam as variáveis físicas em sistemas fluviais, dois caminhos conceituais desenvolveram-se para analisar sua organização espacial e temporal.” (MARÇAL & LIMA, 2016). De um lado, uma visão de rede (ênfase em controles na escala do sistema), de outro, uma visão de trechos (focando na descontinuidade e nos controles locais) (CHRISTOFOLETTI, 1981; PETTS & AMOROS, 1996).

Desse modo, enquanto a primeira oferece modelos de interpretação preditivos da rede, a segunda permite aumentar a precisão das interpretações na escala do canal como transições abruptas entre segmentos do rio, resultantes de efeitos de construção de barragens, variações locais ou regionais de litologia, geomorfologia, clima e vegetação. E assim, como em outros casos, julga-se que esses projetos necessitam ser avaliados tecnicamente de forma específicas, podendo utilizar-se de uma base comum de indicadores voltados à avaliação do grau de

sustentabilidade de cada tipo de projeto proposto, uma vez que a maioria dos indicadores existentes não é adequada para isto perante as especificidades e complexidade dos sistemas fluviais.

3.4 Indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos: tipos e aplicações

Oriundo do latim, o termo *indicare*, que dá origem aos indicadores, é utilizado há bastante tempo para comunicar tendências. Embora a sua generalização tenha ocorrido por volta de 1947 em diante, quando a medição do Produto Interno Bruto (PIB) associada a dados demográficos se disseminou como indicador de desenvolvimento, foi a partir da Conferência de Estocolmo, em 1972, que pela primeira vez chamou a atenção para as questões ambientais e sua relação com o desenvolvimento econômico (RABELO & LIMA, 2007; MMA, 2014).

Segundo o Serviço Social da Indústria (2010), Indicadores são variáveis definidas para medir um conceito abstrato, relacionado a um significado social, econômico ou ambiental, com a intenção de orientar decisões sobre determinado fenômeno de interesse. Admite-se, então, que um indicador é uma medida de variáveis ao longo do tempo, para descrição e monitoramento do ambiente referencial e preveja impactos de uma proposta de política/plano/programa. E assim, como cita Gao *et al.* (2017), diversas pesquisas científicas e técnicas demonstram que o uso de indicadores fornece várias assistências ao processo de avaliação ambiental e tomada de decisão.

A quantificação de informações, com base em padrões de referência, pode tornar o seu significado mais nítido e facilitar a comunicação das informações obtidas e esperadas. Os indicadores não são informações explicativas ou descritivas, mas pontuais, no tempo e no espaço, cuja integração e evolução permitem o acompanhamento dinâmico da realidade (JÚNIOR MAGALHÃES *et al.*, 2003). Entretanto, “uma vez que a função do indicador é a de simplificar, algum teor informativo pode ser perdido, mas se este é projetado corretamente, a perda não produz uma distorção significativa em relação às variáveis respostas” (BOLLMANN & MARQUES, 2000).

Desse modo, quando associados diversos aspectos, estes Indicadores tendem a conjugar interesses e objetivos, são os casos dos Indicadores de sustentabilidade que “(...) diferenciam-se dos demais por exigirem uma visão de mundo integrada, necessitando relacionar para tanto, a economia, o meio ambiente e a sociedade de uma dada comunidade” (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2003; SILVA, CÂNDIDO & MARTINS, 2009).

O capítulo 40, da Agenda 21 aborda a necessidade da construção de Indicadores que contemplem a realidade de cada país para a tomada de decisão. Segundo Guimarães & Feichas

(2009), Quiroga (2001), Morin & Christodoulou (2012) e Carvalho *et al.* (2015), estes indicadores são tidos como ferramentas capazes de subsidiar o monitoramento da operacionalização do desenvolvimento sustentável, tendo como função principal a apresentação de informações sobre o estado das diversas dimensões (ambientais, econômicas, socioeconômicas, culturais, institucionais, etc.) que compõem o desenvolvimento sustentável de determinado sistema na sociedade.

Atualmente, existe uma série de métodos para a aplicação de Indicadores de sustentabilidade para a avaliação de impacto de projetos na interface de desenvolvimento ambiental (PIRES *et al.*, 2016). Contudo, “na prática, a sustentabilidade é tratada a partir de listas de indicadores que refletem várias questões, muitas vezes classificadas simplificada em três categorias: econômica, ambiental e social” (MARTINET, 2011).

Para Van Bellen (2002) e Masud *et al.* (2018), os Indicadores de sustentabilidade apresentam-se como formas de medir o progresso em relação a uma meta, considerando dimensões ecológica, econômica, social e institucional, na perspectiva conjunta de tempo e espaço. Ainda segundo o mesmo autor (2004), tais indicadores são relevantes para o processo de gestão, na medida em que estão aptos a retratar a realidade de uma maneira científica, destinada a orientar na formulação de políticas.

De acordo com Cardoso (2012), uma vez que os sistemas fluviais apresentam uma enorme diversidade entre si, tornou-se necessária a simplificação dessa realidade por meio do estabelecimento de tipologias para que em seguida, fossem aplicados os modelos de gestão ou atuação mais pertinentes.

Neste sentido, para a gestão de recursos hídricos, os indicadores são consideradas ferramentas de otimização dos atributos de informações existentes, de sinalização de lacunas de dados e de sinalização das prioridades de gestão. São, portanto, instrumentos de auxílio ao processo decisório participativo (JÚNIOR MAGALHÃES *et al.*, 2003), pois podem ser usados para ajudar os decisores a priorizar questões, desafios e programas relacionados ao gerenciamento de recursos hídricos (JUWANA *et al.*, 2012) uma vez que “(...) são úteis para observar, descrever e avaliar estados atuais, formular estados desejados ou comparar um estado atual com um desejado para o futuro” (LACERDA & CÂNDIDO, 2013).

Segundo Sánchez (2008), alguns indicadores e índices ambientais podem ser aproveitados nos Estudos de Impacto Ambiental (EIAs), principalmente para fins de elaboração de diagnóstico ambiental. Na etapa de estudos de base, os indicadores permitem descrever, de modo sistemático, a situação que precede a eventual implantação do empreendimento e, na etapa de previsão, a situação futura.

O processo da escolha de indicadores deve possibilitar uma análise temporal num mesmo território, bem como a comparação entre territórios numa escala espacial e temporal. É desejável ainda que sejam capazes de comparar objetivos, frutos dos desejos da sociedade, com os resultados alcançados, oriundos das ações implementadas, indicando vazios entre o planejamento e a execução de políticas públicas e decisões tomadas, possibilitando além de comparações nas escalas anteriores, também comparações em termos do processo de gestão (GUIMARÃES & FEICHAS, 2009; VAN ZEIJ-ROZEMA & MARTENS, 2010).

Sendo assim, entende-se que os indicadores devem possuir qualidades que justifiquem “(...) sua escolha em um processo de gestão, como relevância, condições analíticas (embasamento técnico-científico), mensurabilidade (dados facilmente disponíveis e a custos aceitáveis), qualidade dos dados, e comparabilidade, a qual é especialmente importante na busca de níveis referenciais para a determinação de metas” (HAMILTON, 1996; IORI *et al.*, 2008), Segundo Masud *et al.* (2018), eles podem ser constituídos por vários subindicadores quando exige medir impactos amplos.

Vieira & Studart (2009) e Lacerda & Cândido (2013) citam que para um melhor monitoramento da gestão visando à sustentabilidade dos recursos hídricos, é importante a utilização de indicadores de sustentabilidade.

Para tanto, os indicadores de sustentabilidade hídrica surgem como ferramentas que ajudam refletir e comunicar uma ideia complexa. Pois, segundo Vieira (1996) e Martinet (2011), a sustentabilidade hidroambiental é “(...) a gestão integrada de recursos hídricos de uma região, na abrangência de vários aspectos como o ciclo hidrológico, em suas fases superficial, subterrânea e aérea; os usos múltiplos da água; o inter-relacionamento dos sistemas naturais e sociais; a interdependência dos componentes econômicos, sociais, ambientais e políticas de desenvolvimento.

De acordo com Beaver & Beloff (2011) e Lacerda & Cândido (2013), estes indicadores são úteis para observar, descrever e avaliar estados atuais, formular estados desejados ou comparar um estado atual com um desejado para o futuro.

Desse modo, fundamentando-se nestas ideias e conceito, bem como considerando diversos indicadores de sustentabilidade voltados às questões hídricas conforme destacam Hammond *et al.* (1995), Vieira (1996), Xu *et al.* (2005), Fortini *et al.* (2006), Rabelo e Lima (2007), Carvalho *et al.* (2007), Guimarães (2008), Iori *et al.* (2008), European Environment Agency (2009), Carvalho & Curi (2013), Veról (2013), Campos *et al.* (2014), Bomfim *et al.* (2015), Pereira *et al.* (2016), Pires *et al.* (2016), Silva (2017) e Masud *et al.* (2018), entende-se que todos os indicadores apesar de serem elaborados e qualificados sob a ótica da

sustentabilidade, cada um deles possuem conceitos, enfoques, estruturas, metodologias e aplicações diversas.

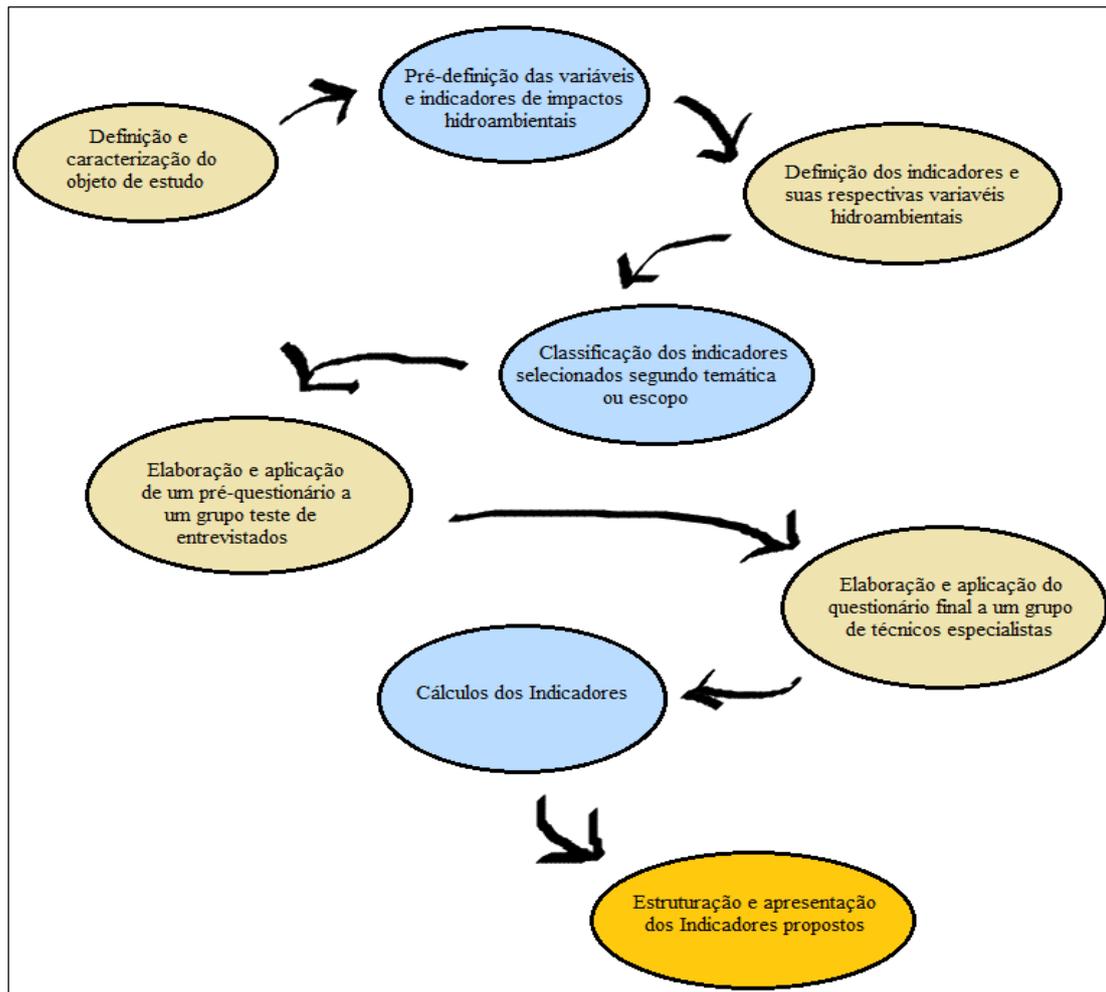
3.5 Metodologia do trabalho

A escolha ou a utilização de indicadores exige muitas vezes, a diferenciação de seus níveis de importância ou a sua ponderação visando sinalizar graus de prioridade para os objetivos estabelecidos (JÚNIOR MAGALHÃES, 2003). De acordo com Van Bellen (2004), a atribuição de pesos pode ocorrer segundo diferentes critérios e técnicas estatísticas, sabendo-se que, em geral, não é possível ponderar-se sem incorporar algum nível de arbítrio ou subjetividade nos critérios de avaliação.

Segundo Rowley *et al.* (2012), no processo de elaboração de indicadores se faz importante selecionar uma abordagem consistente com as necessidades de informação do decisor, já que, por muitas vezes, a orientação prática e dados não estão disponíveis para os casos de decisão que envolvem as questões ambientais. Assim, este trabalho caracterizado como pesquisa do tipo qualiquantitativa descritiva e exploratória, fundamenta-se a partir de pesquisa de gabinete para levantamento bibliográfico e documental, e pesquisa de campo, para observação de ambientes fluviais e aplicação de entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado.

Para isto, o trabalho desenvolve-se a partir de etapas metodológicas sequenciais, delimitadas com os seguintes objetivos: definição e caracterização dos indicadores e subindicadores, pré-definição das variáveis e indicadores de impactos hidroambientais; classificação dos indicadores; elaboração e aplicação de pré-questionário; elaboração e aplicação de questionário final a um grupo de técnicos especialistas no tema; definição dos indicadores e suas respectivas variáveis; cálculo dos indicadores e, por fim estruturação e apresentação dos grupos de subindicadores propostos (Figura 3).

Figura 3 - Estrutura metodológica resumida para elaboração dos Indicadores de Impactos Hidroambientais



Fonte: A autora

Neste processo, a revisão bibliográfica sobre o tema em questão, e a pesquisa documental e de campo, são dedicadas ao estudo sobre o tema e a 10 (dez) projetos de intervenções estruturais em rios perenes, licenciados ambientalmente por órgãos ambientais estaduais, entre os anos de 2010 a 2017. Estes procedimentos têm como finalidade efetuar a caracterização, identificação, pré-definição e classificação de parâmetros componentes dos Indicadores de impactos hidroambientais e de suas respectivas Tabelas de Referências, sendo estes agrupados por categorias de impacto buscando abranger o maior número possível de condições e aspectos impactados quando da ocorrência de intervenção em um curso d'água (Quadro 5).

Quadro 5 - Projetos de intervenções em cursos d'água submetidos ao licenciamento ambiental e consultados em arquivos de órgãos ambientais estaduais do Brasil

Nº de identificação de projeto	Nº do processo	Ano de origem	Tipo de projeto	Tipo de licença ambiental	Órgão de Origem
01	011851	2010	Retificação de curso d'água	Licença de instalação	SEMAD
02	001637	2011	Barragem para abastecimento	Licença prévia	CPRH
03	000095	2012	Barragem para abastecimento	Licença prévia	CPRH
04	011794	2012	Requalificação fluvial	Licença prévia e de instalação	CPRH
05	000189	2013	Barragem para abastecimento	Licença prévia	Cetesb
06	008765	2013	Barragem para contenção de cheias	Licença prévia	SEMAD
07	018361	2014	Dragagem	Autorização ambiental	SEMAD
08	000113	2014	Barragem para abastecimento e contenção de cheias	Licença prévia	Cetesb
09	008598	2016	Requalificação fluvial	Licença de instalação	CPRH
10	001733	2017	Retificação de curso d'água	Licença de instalação	CPRH

Fonte: A autora

Na etapa de definição, ponderação e mensuração dos indicadores e subindicadores pré-selecionados para estruturação dos indicadores de impactos hidroambientais, utilizou-se da ferramenta de pesquisa do tipo entrevista, desenvolvida a partir de questionário estruturado.

Esta fase metodológica utiliza-se da pesquisa Survey, a qual busca “(...) a informação diretamente com um grupo de interesse a respeito dos dados que se deseja obter. Trata-se de um procedimento útil, especialmente em pesquisas exploratórias e descritivas” (SANTOS, 1999). “A pesquisa com Survey pode ser referida como sendo a obtenção de dados ou informações sobre as características ou as opiniões de determinado grupo de pessoas, indicado como representante de uma população-alvo, utilizando um questionário como instrumento de pesquisa” (FONSECA, 2002; GERHARDT & SILVEIRA, 2009).

Isto posto, com o objetivo de garantir a impessoalidade do pesquisador-entrevistador, o questionário foi elaborado via Plataforma SurveyMonkey®², composto por 06 (seis) perguntas fechadas, sendo 02 (duas) delas sobre o perfil do entrevistado e as 04 (quatro) demais, desenvolvidas no modelo de pesos do tipo *top-down* com respostas organizadas em 05 (cinco) graus de importância baseada na escala de avaliação de valores do tipo Escala de Likert³ (Quadro 6), com consistência interna de 0,77.

Quadro 6 – Escala de pesos de desempenho para os Indicadores e os Subindicadores identificados.

Pouquíssimo importante	Pouco importante	Importante	Muito importante	Muitíssimo importante
0,0	0,25	0,50	0,75	1,0

Fonte: A autora

Segundo Van Bellen (2005) e Rabelo & Lima (2007), o *top-down* é utilizado quando determinado indicador, por ser tão específico e técnico, precisa que os pesos sejam dados por especialistas e pesquisadores e não pela comunidade na qual está inserido o projeto avaliado.

Assim, o referido questionário foi inicialmente testado com 05 (cinco) entrevistados, com o objetivo de identificação de novos itens (variáveis e/ou critérios) relevantes ao estudo e alteração ou exclusão de outros, conforme realidade observada por estes participantes. Posteriormente, a partir do citado procedimento, foi elaborado o questionário final, agora composto por 02 (duas) questionamentos sobre o perfil do entrevistado e 06 (seis) perguntas fechadas nos mesmos moldes do questionário anterior (Quadro 7).

Este questionário foi direcionado via digital, no período de 16 de janeiro a 15 de fevereiro de 2018, a 34 (trinta e quatro) técnicos provenientes de instituições públicas e privadas brasileiras, especialistas em Avaliação de Impacto Ambiental, Recursos Hídricos e/ou em projetos de intervenções em cursos d'água. Este procedimento teve como finalidade, coletar dados para subsídios à definição, ponderação e mensuração das variáveis/critérios selecionados para composição dos indicadores e subindicadores (Apêndice A).

² Plataforma destinada à criação e publicação de questionários online. Exibe os resultados em gráficos em tempo real. A SurveyMonkey® fornece questionários e pesquisas online gratuitos, além de softwares de questionário.

Quadro 7 - Perguntas componentes do questionário de entrevista aplicado à técnicos brasileiros especialistas na área temática da pesquisa.

Número	Pergunta	Itens de avaliação/ponderação					
01	Qual sua formação	_____					
02	Qual sua área de atuação profissional	_____					
03	Pensando na promoção da gestão sustentável dos recursos hídricos, como você avalia por nível de importância os seguintes itens?	Rio (calha e água)	Fauna e flora dos rios	Saneamento ambiental	Uso e ocupação do solo	Usos da água	Obras hídricas
04	Pensando sobre a prestação de serviços de saneamento ambiental, qual o nível de importância você define para cada um dos itens abaixo, considerando a perspectiva de preservação ou manutenção dos rios?	Abastecimento de água	Esgotamento sanitário	Resíduos sólidos	Drenagem urbana		
05	Pensando na qualidade ambiental dos rios, como você classifica o nível de importância de seguintes elementos/fatores para a manutenção ou preservação desse corpo hídrico?	Qualidade da água do rio	Quantidade de água que o rio possui	Geomorfologia do rio	Composição e quantidade da fauna do rio	Composição e quantidade da flora do rio	
06	Pensando sobre o controle urbano da bacia hidrográfica, qual o nível de importância você define para cada um dos itens abaixo, considerando a perspectiva de preservação ou manutenção dos rios?	Impermeabilização do solo	Preservação das margens do rio	Densidade populacional			
07	Pensando no valor econômico das águas dos rios, qual o nível de importância você dá para os seguintes itens?	Usos da água			Custo para o tratamento da água		
08	Pensando nas obras de intervenções em rios e em suas margens, qual o nível de importância você dá para os seguintes itens?	Controle de cheias (barragens, retificações e canalizações)	Projetos urbanísticos de melhorias para o rio e/ou de suas margens		Infraestrutura (pontes, geração de energia, hidrovias)		

Fonte: A autora

Segundo Van Bellen (2004) uma variável não é o próprio atributo ou atributo real, mas uma representação, imagem ou abstração deste. O quão próximo essa variável se aproxima do atributo próprio ou reflete o atributo ou a realidade, e qual o seu significado ou qual a sua significância e relevância para a tomada de decisão, é consequência da habilidade do investigador e das limitações e propósitos da investigação.

Assim como procedimento posterior, foram estabelecidos e organizados pelo pesquisador, os critérios/variáveis de análise com suas respectivas características (descrição, justificativas de uso, fontes de dados e observações/referências) e valor e escala de valores de referência destinados aos subindicadores definidos. O referido conjunto de informações fundamenta-se a partir de revisão bibliográfica, pesquisa documental e conhecimento empírico do pesquisador.

Tal procedimento decorre pois, torna-se necessário abordar o que é considerado indispensável para a realização da qualiquantificação de um curso d'água perene, em contrapartida às pressões originadas pela aplicação de um determinado tipo de projeto de intervenção estrutural neste tipo de ambiente, de modo a possibilitar a interpretação conjunta dos mesmos. Para isto, efetua-se o seguinte procedimento:

- **1º passo** – Definição de escala de valores de referência para qualiquantificação das variáveis/parâmetros de cada subindicador e da relação do tipo de impacto. Para isto, para cada variável é necessário identificar se ela mede uma situação em que, ao aumentar seu valor, favorece ou desfavorece o processo de desenvolvimento, no caso do estudo de sustentabilidade hidroambiental. Logo, existe relação positiva se há aumento no valor da variável, resultando em melhoria no sistema em estudo; em contrapartida, a relação é negativa se há aumento no valor da variável resultando em piora desse sistema (Equação 1 e 2).

$$I = \frac{x-m}{M-m} \quad (1)$$

$$I = \frac{M-x}{M-m} \quad (2)$$

Onde,

I = índice calculado referente a cada variável, para cada área analisada;

x = valor observado de cada variável em cada área analisada;

m = valor mínimo considerado;

M = valor máximo considerado.

- **2º passo** - Definição de código, variável/parâmetro de análise, descrição, justificativas de uso, fontes de dados e observações/referências de cada subindicador de impacto hidroambiental considerando inclusive, as suas respectivas escalas de valores de referência.

Por conseguinte, admitindo-se também a diversidade de escalas e de unidades de medidas das variáveis e critérios envolvidos neste produto, utilizou-se dos seguintes passos metodológicos, fundamentados a partir dos trabalhos de Rabelo & Lima (2007), Toro *et al.* (2013), Carvalho *et al.* (2015), Bomfim *et al.* (2016) e Rodrigues *et al.* (2016), para ponderação e estruturação das informações a serem utilizadas na composição dos subindicadores e indicadores dos impactos hidroambientais:

- **3º passo** - Ponderação dos indicadores e subindicadores a partir dos valores obtidos na pesquisa de entrevista aos técnicos especializados, sendo utilizada a seguinte Equação 3.

$$\mathbf{Pr}_x = \frac{\mathbf{a}_x}{\sum \mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_n} \quad (3)$$

Onde,

Pr_x = peso relativo do subindicador em análise;

a_x = média ponderada do subindicador em análise, atribuída pelo grupo de especialistas técnicos;

$\sum \mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_n$ = somatório da média ponderada de cada subindicador do grupo temático, atribuída pelo grupo de especialistas técnicos.

- **4º passo** – Construção de planilha eletrônica ‘Relação de Impactos Hidroambientais’, a partir da identificação quantitativa e qualitativa da situação dos pontos de coleta ou dos pontos de observação da informação/dado, fundamentados no estado de pré e pós instalação de determinado projeto de intervenção no curso d’água e da relação entre cada tipo de impacto, a fim de quantificar cada tipo de impacto hidroambiental considerando o trecho do rio impactado (Equação 4) ou a área da bacia impactada (Equação 5), conforme definidos em Tabelas de referência. Quando trata-se de uma relação de impacto oposta, a deve-se considerar os valores em escala invertida.

$$I_{r_{pré\ ou\ pós}} = \frac{X_m + X_j}{2} \quad (4)$$

Onde,

$I_{r_{pré\ ou\ pós}}$ = impacto total no trecho do rio objeto de intervenção no estado de pré-instalação ou pós-instalação do projeto em análise

x_m = valor do subindicador identificado ou previsto à montante do trecho do rio objeto de intervenção

x_j = valor do subindicador identificado ou previsto à jusante do trecho do rio objeto de intervenção

$$I_{b_{pré\ ou\ pós}} = x_{b_{pré\ ou\ pós}} \quad (5)$$

Onde,

$I_{b_{pré\ ou\ pós}}$ = impacto total na bacia hidrográfica do rio objeto de intervenção no estado de pré-instalação ou pós-instalação do projeto em análise;

$x_{b_{pré\ ou\ pós}}$ = valor do subindicador identificado ou previsto na bacia hidrográfica do rio objeto de intervenção.

- **5º passo** – Realização de cálculo dos subindicadores e indicadores de impactos para cada grupo temático, utilizando sequencialmente as Equações 6 e 7 para cada subindicador e a Equação 8 para cada grupo temático. Este procedimento atribui aos

indicadores e seus respectivos subindicadores importâncias distintas através da determinação de pesos diferentes, uma vez que são considerados os resultados da pesquisa de opinião realizada através do questionário anteriormente citado.

$$P_n = \max \sum_{i=y}^f b_i \quad (6)$$

$$P_{ij} = \frac{b_i}{S_n} \quad (7)$$

$$I_w = \frac{1}{n} \sum_{j=i}^n \left[\frac{\sum_{i=1}^m E_{ij} \cdot P_{ij}}{\sum E \max i \cdot P_{\max i}} \right] \quad (8)$$

Onde,

P_n : peso relativo de cada subindicador;

I_w: subindicadores que compõem os indicadores de impactos ambiental, social e econômico;

b_i : valor de adoção do subindicador;

j: 1, ..., m (número de questionários aplicados);

i: 1, ..., n (número de subindicadores);

E_{ij}: escore do i-ésimo indicador do **I_w** obtido do j-ésimo questionário;

E max i : escore máximo do i-ésimo indicador do **I_w**;

P_{ij}: peso do i-ésimo indicador alcançado pelo j-ésimo questionário;

P max i : peso máximo do i-ésimo indicador geral.

3.6 Resultados e discussão

3.6.1 Conceito, objetivo e esfera de aplicação dos indicadores de impactos hidroambientais

Os 'indicadores de impactos hidroambientais para projetos de intervenções em cursos d'água' foram elaborados na perspectiva do conceito de sustentabilidade hidroambiental tendo como foco a avaliação dos impactos hidroambientais a partir da compreensão das relações socioeconômicas com o sistema fluvial objeto de intervenção estrutural. Seu desenvolvimento tem como propósito, demonstrar qualiquantitativamente de forma simplificada a condição hidroambiental atual do sistema fluvial em estudo e as consequências dos impactos positivos e

negativos, resultantes da possível adoção de ações estruturais de projetos de intervenção neste curso d'água, como as obras de barragens, dragagens e retificações.

A partir disso, os indicadores são classificados como do tipo de desempenho, uma vez que as suas variáveis estão relacionadas com metas estabelecidas. Conforme Gabrielsen & Bosch (2003), este tipo de classificação, permite avaliar a eficácia de intervenções e o progresso do sistema em resposta a estas intervenções, relativamente às metas propostas, através da medição da distância do estado do sistema às metas ou a valores alvo.

Sendo assim, considerando que a bacia hidrográfica possui “(...) tamanho suficiente para que se possa observar as interrelações existentes entre seus diversos elementos e com o tamanho compatível com os recursos disponíveis, sendo possível realizar projetos de planejamento” (BOTELHO & SILVA, 2007), os indicadores propostos têm como esfera de aplicação, projetos em rios perenes de médio e pequeno porte, sendo estes definidos conforme classificação hierárquica de Horton (1945) modificada por Strahler (1952).

Segundo Guimarães (s.d), na classificação de Horton (1945) modificada por Strahler (1952), atribui-se um número de ordem a cada curso, sendo classificados como cursos d'água de 1ª ordem, aqueles que não apresentem afluentes. A linha de água formada pela junção de duas linhas de água com a mesma ordem tomará uma ordem maior em um. Assim, a junção de dois rios de ordem n dá lugar a um rio de ordem $n + 1$, onde a ordem do rio principal mostra a extensão da ramificação e hierarquização na bacia.

Dessa forma, para sua organização estrutural, os indicadores de impactos hidroambientais são compostos por subindicadores definidos a partir de diferentes critérios fundamentados basicamente na dinâmica hierárquica fluvial, na opinião de técnicos especialistas, fórmulas qualitativas empíricas para os diferentes temas envolvidos e, suporte analítico de morfometria fluvial e da hidrologia e hidráulica.

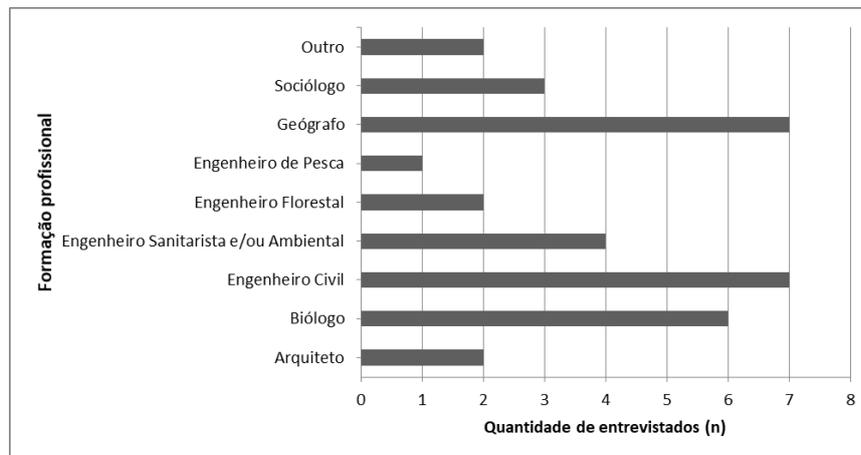
No mais, para o seu aproveitamento, estes subindicadores devem receber dados e informações constantes na caracterização, diagnóstico geral da área do empreendimento, no projeto e em seus estudos ambientais, como também, provenientes de revisão de literatura especializada e de trabalho de campo, as quais estas últimas podem ser realizadas pela equipe técnica de avaliação.

3.6.2 Indicadores propostos, componentes e estruturação

Conforme as condicionantes apresentadas no referencial teórico e recomendadas pelos organismos internacionais e nacionais, assim como a relevância e a aplicabilidade compreendida

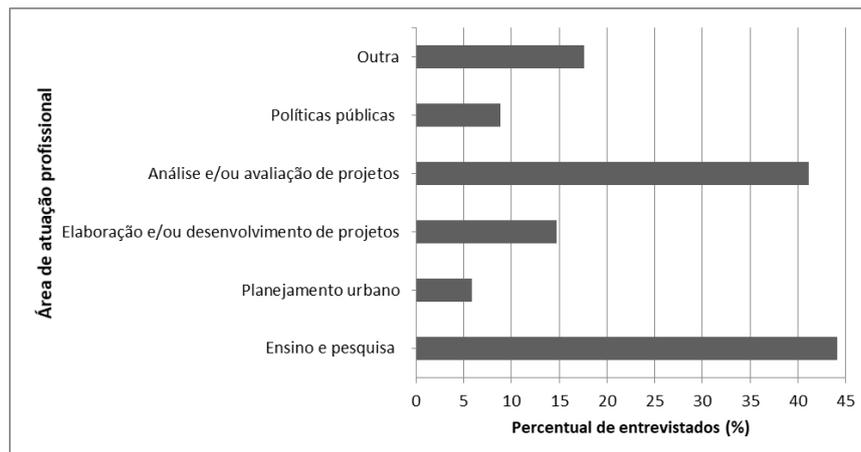
pelo pesquisador-entrevistador, na avaliação dos projetos citados, são pré-estabelecidos os indicadores e subindicadores. Posteriormente com a opinião do grupo multidisciplinar composto pelos 34 (trinta e quatro) entrevistados (Figuras 4 e 5), foram, então, definidos 06 (seis) tipos de indicadores de impactos hidroambientais (Impactos Ambientais, Impactos Sociais e de Impactos Econômicos) e, 18 (dezoito) Subindicadores com seus respectivos tipo de relações de impacto quanto a variável utilizada e o seu valor ou escala de valor de referência (Quadro 8, 9 e 10).

Figura 4 - Perfil de formação profissional dos entrevistados.



Fonte: A autora

Figura 5 - Perfil de área de atuação profissional dos 34 entrevistados.



Fonte: A autora

Quadro 8 - Organização estrutural resumida dos subindicadores de impactos hidroambientais do tipo ambiental.

TEMA	Indicadores de Impactos Hidroambientais	Subindicadores	Parâmetro/variável	Valor ou escala de valor de referência	Tipo de relação do Impacto
AMBIENTAL	Hidrogeomorfológico	Qualidade da água	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C)	0 a 10	Quanto menor, melhor
		Vazão média	Vazão média (m³/s)	0 a 100	Quanto maior, melhor
		Morfometria fluvial	Sinuosidade do trecho	0,0 a 1,0	Quanto maior, melhor
			Largura média (m)	0,0 a 50	
	Profundidade média (m)		0,0 a 20		
	Biodiversidade	Composição e abundância da flora aquática	A composição taxonômica e a abundância correspondem totalmente ou quase às que se verificam em condições não perturbadas. O rácio entre os taxa sensíveis e os taxa insensíveis às perturbações não dos sinais de modificação em relação aos níveis não perturbados. O nível de diversidade de taxa invertebrados não dão sinais de modificação m relaç ^o aos níveis não perturbados.	4	Quanto maior, melhor
			Ligeiras modificações da composição e abundância dos taxa invertebrados em comparação com as das comunidades específicas do tipo. O rácio entre os taxa sensíveis e os taxa insensíveis às perturbações apresenta uma ligeira modificação em relação aos níveis específicos do tipo. O nível de diversidade de taxa invertebrados dão ligeiros sinais de modificação em relação aos níveis específicos do tipo.	3	
			A composição e abundância dos taxa invertebrados diferem moderadamente das comunidades específicas do tipo. Estão ausentes grupos taxonômicos importantes da comunidade específica do tipo. O rácio entre os taxa sensíveis e os taxa insensíveis às perturbações e o nível de diversidade são substancialmente inferiores ao nível específico do tipo e significativamente inferiores aos correspondentes a um estado «bom».	2	
			As águas que apresentam alterações graves dos valores dos elementos de qualidade biológica referentes ao tipo de massa de águas de superfície em questão e em que estejam ausente grandes porções das comunidades biológicas relevantes normalmente associadas a esse tipo de massa de águas de superfície em	1	

TEMA	Indicadores de Impactos Hidroambientais	Subindicadores	Parâmetro/variável	Valor ou escala de valor de referência	Tipo de relação do Impacto
			condições não perturbadas		
	Biodiversidade	Composição e abundância dos invertebrados bentônicos	A composição taxonômica e a abundância correspondem totalmente ou quase às que se verificam em condições não perturbadas. O rácio entre os taxa sensíveis e os taxa insensíveis às perturbações não dos sinais de modificação em relação aos níveis não perturbados. O nível de diversidade de taxa invertebrados não dão sinais de modificação m relação aos níveis não perturbados.	4	Quanto maior, melhor
Ligeiras modificações da composição e abundância dos taxa invertebrados em comparação com as das comunidades específicas do tipo. O rácio entre os taxa sensíveis e os taxa insensíveis às perturbações apresenta uma ligeira modificação em relação aos níveis específicos do tipo. O nível de diversidade de taxa invertebrados dão ligeiros sinais de modificação em relação aos níveis específicos do tipo.			3		
A composição e abundância dos taxa invertebrados diferem moderadamente das comunidades específicas do tipo. Estão ausentes grupos taxonômicos importantes da comunidade específica do tipo. O rácio entre os taxa sensíveis e os taxa insensíveis às perturbações e o nível de diversidade são substancialmente inferiores ao nível específico do tipo e significativamente inferiores aos correspondentes a um estado «bom».			2		
As águas que apresentam alterações graves dos valores dos elementos de qualidade biológica referentes ao tipo de massa de águas de superfície em questão e em que estejam ausente grandes porções das comunidades biológicas relevantes normalmente associadas a esse tipo de massa de águas de superfície em condições não perturbadas			1		
		Composição, abundância e estrutura etária da fauna piscícola	A composição e abundância correspondem totalmente ou quase às que se verificam em condições não perturbadas. Estão presentes todas as espécies específicas do tipo sensíveis às perturbações. A estrutura etária das comunidades	4	Quanto maior, melhor

TEMA	Indicadores de Impactos Hidroambientais	Subindicadores	Parâmetro/variável	Valor ou escala de valor de referência	Tipo de relação do Impacto
	Biodiversidade		piscícolas dão poucos sinais de perturbações antropogênicas e não indica falhas na reprodução ou desenvolvimento de quaisquer espécies.		
			Ligeiras modificações da composição e abundância das espécies em comparação com às comunidades específicas do tipo, atribuíveis a impactos antropogênicos sobre os elementos de qualidade físico-química e hidromorfológica. A estrutura etária das comunidades piscícolas dão sinais de perturbação atribuíveis a impactos antropogênicos sobre os elementos de qualidade físico-química e hidromorfológica e, nalguns casos, indica falhas na reprodução ou desenvolvimento de certas espécies, ao ponto de faltarem algumas classes etárias.	3	
			A composição e abundância das espécies piscícolas diferem moderadamente das comunidades específicas do tipo, sendo tal facto atribuível a impactos antropogênicos sobre os elementos de qualidade físico-química e hidromorfológica. A estrutura etária das comunidades piscícolas dão sinais importantes de perturbações antropogênicas, ao ponto de faltar uma percentagem moderada das espécies específicas do tipo, ou de existirem apenas em pequena quantidade.	2	
			As águas que apresentam alterações graves dos valores dos elementos de qualidade biológica referentes ao tipo de massa de águas de superfície em questão e em que estejam ausente grandes porções das comunidades biológicas relevantes normalmente associadas a esse tipo de massa de águas de superfície em condições não perturbadas	1	

Fonte: A autora

Quadro 9 - Organização estrutural resumida dos subindicadores de impactos hidroambientais do tipo social.

TEMA	Indicadores de Impactos Hidroambientais	Subindicadores	Parâmetro/variável	Valor ou escala de valor de referência	Tipo de relação do Impacto
SOCIAL	Saneamento	Esgotamento sanitário	Taxa de População com acesso a serviço de coleta de esgotos sanitários (%)	0 a 100	Quanto maior, melhor
			Taxa de População com acesso a serviço de tratamento de esgotos sanitários (%)	0 a 100	
		Abastecimento de água	Taxa de População com acesso a sistemas adequados de abastecimento de água (%)	0 a 100	Quanto maior, melhor
		Resíduos sólidos	Taxa de cobertura da coleta de resíduos sólidos domiciliares em relação à população total (%)	0 a 100	Quanto maior, melhor
		Drenagem urbana	Quantidade de boca de lobo em logradouros localizados na área urbana da bacia hidrográfica (n)/km ²	0 a 100	Quanto maior, melhor
	Uso e ocupação do solo	Ocupação da bacia hidrográfica	Taxa de impermeabilização da área de bacia (%)	0 a 100	Quanto maior, melhor
		Áreas de preservação permanente de cursos d'água	Taxa de ocupação de área de preservação permanente (APP) de cursos d'água (%)	0 a 100	Quanto menor, melhor
		Densidade populacional	População absoluta da bacia sob sua área total	0 a 50.000	Quanto maior, melhor

Fonte: A autora

Quadro 10 - Organização estrutural resumida dos subindicadores de impactos hidroambientais do tipo econômico.

TEMA	Indicadores de Impactos Hidroambientais	Subindicadores	Parâmetro/variável	Valor ou escala de valor de referência	Tipo de relação do Impacto
ECONÓMICO	Valor da água	Usos da água	Abastecimento para consumo humano e dessedentação animal	10	Quanto maior, melhor
			Preservação e/ou proteção das comunidades aquáticas e ambientes aquáticos	8	
			Irrigação para produção agrícola, aquicultura e atividade pesqueira, abastecimento industrial e comercial	6	
			Navegação e geração de energia	4	
			Recreação e harmonia paisagística	2	
		Custo médio da água	Tarifa cobrada (R\$/m ³)	0 a 100	Quanto menor, melhor
	Valorização de imóveis devido aos projetos	Controle de riscos a alagamentos e/ou inundações	Áreas da bacia susceptíveis a alagamentos (%)	10	Quanto maior, melhor
		Integração urbanística	Manutenção de área de preservação permanente do curso d'água	8	Quanto maior, melhor
			Parque linear fora da área de preservação permanente do curso d'água	6	
			Parque linear em área de preservação permanente do curso d'água	5	
			Hidrovia	2	
			Rodovia	0	
			Imobiliários urbanos	10	
		Infraestrutura	Nenhum	0	Quanto maior, melhor
			Acesso	2	
Geração de energia	3				
		Abastecimento público	5		

Fonte: A autora

Adota-se como indicadores ambientais aqueles indicadores e seus respectivos subindicadores que tratam as variáveis direcionadas aos fenômenos /ou elementos naturais do curso d'água ou da área da bacia hidrográfica. Com relação aos Indicadores Sociais, são vistos como aqueles que podem expressar a quantidade e/ou qualidade dos serviços prestados à população do ambiente em estudo e, sua relação espacial de bem-estar com o mesmo.

Já para os indicadores econômicos, pode-se definir como o grupo de indicadores que estão direcionados a elementos ligados à causas ou consequências financeiras e/ou econômicas aos atores envolvidos diretamente no processo de intervenção no curso d'água em questão. A seguir, apresenta-se as características técnicas dos subindicadores de impactos hidroambientais (código e nome do subindicador, variável/parâmetro de análise, descrição, justificativas de uso, fontes de dados e observações/referências) para orientação de sua aplicação (Quadros 11 a 16).

Quadro 11 - Características técnicas dos subindicadores de impactos do indicador 'hidrogeomorfológico'.

Código e Nome do subindicador	AMB1A - Qualidade da água	AMB2A - Vazão média	AMB3A - Morfometria fluvial
Definição	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Quantidade de água em volume que escoou através de certa seção em um intervalo de tempo considerado.	Qualidade da geomorfologia do curso d'água (GF)
Objetivo	Identificar a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbia.	Utilizar a vazão média (Q _{méd}) identificada no curso d'água como forma de quantificar o volume de água escoado e sua contribuição à bacia hidrográfica, uma vez que, a vazão reflete nas condições de perturbações do ambiente fluvial	Mensurar a morfometria fluvial a partir de características da geometria do canal (sinuosidade, largura e profundidade) a fim de, quantificar a sua qualidade observada conforme tabela de referência
Interpretação e uso	A DBO _{5,20} é a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias em uma temperatura de 20°C. Valores altos de DBO _{5,20} , causa uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de peixes e eliminação de outros organismos aquáticos.	Deve-se utilizar o valor de vazão média anual do curso d'água no ponto da intervenção.	Comparar a situação atual com as propostas de alteração da calha do curso d'água, considerando três características da geometria do canal
Limitações	Restringe-se a qualificar o estado da água apenas a partir do parâmetro DBO, desconsiderando diretamente os demais parâmetros (físicos, químicos e biológicos) existentes	Restringe-se apenas aos cursos d'águas de regime hidrológico do tipo perene	Restringe-se apenas a considerar os impactos relacionados às características de sinuosidade (S), largura (L) e profundidade (H) do curso d'água.
Metodologia de cálculo	AMB1A = DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O ₂	AMB2A = Q _{méd} (m ³ /s) Onde, Q _{méd} = vazão média em metros cúbicos por segundo	GF = (S + L + H)/3 Onde, S = Sinuosidade (m/m) L = largura média do leito regular do curso d'água (m) H = profundidade média do trecho do curso d'água (m)
Unidade de medida	DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O ₂	Metro cúbico por segundo (m ³ /s)	Metro (m)
Desagregação geográfica ou espacialização	Deve ser utilizado o dado referente ao trecho do curso d'água objeto de intervenção	Deve ser utilizado o dado referente ao trecho do curso d'água objeto de intervenção	Deve ser utilizado o dado referente ao trecho do curso d'água objeto de intervenção
Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; Condição pós projeto: previsto 	Condição pré projeto: atual ou do último levantamento.	<ul style="list-style-type: none"> Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; Condição pós projeto: previsto
Fonte dos dados	Fonte própria, órgão municipal,	Condição pós projeto: previsto	Trabalho de campo

Código e Nome do subindicador	AMB1A - Qualidade da água	AMB2A - Vazão média	AMB3A - Morfometria fluvial
	comitês de bacias, estudos específicos, entre outros.		
Categorias disponíveis	Uma categoria	Fonte própria, órgão municipal, comitês de bacias, estudos específicos, entre outros.	Uma categoria
Parâmetro	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Vazão média anual	<ul style="list-style-type: none"> • Sinuosidade (m/m); • Largura (m); • Profundidade (m)
Recomendações	Recomenda-se utilizar o dado proveniente de coleta realizada em períodos de estiagem moderada	Vazão média	Comparar as informações obtidas no trabalho de campo com imagens de satélite de anos anteriores e a partir disso, ponderar ser utilizada a informação atual ou anterior, uma vez que, o curso d'água pode ter sido recentemente objeto de alteração.
Informações complementares	Baseado na Resolução Conama nº 357/2005	Considerando a dificuldade de obter este tipo de dado para cursos d'água de médio e pequeno porte, pode-se adotar a vazão média fluvial entre o período chuvoso e o período de estiagem	Baseado na classificação de Rosgen (1994), discutida e/ou aplicada por pesquisadores como Miller & Ritter (1996), Brierley & Fryirs (2005), Simon et al. (2011), Ezzat & Oak (2012), Buffington & Montgomery (2013), Rocha et al. (2013) e Marçal & Lima (2016)

Fonte: A autora

Quadro 12 - Características técnicas dos subindicadores de impactos do indicador ‘biodiversidade’.

Código e Nome do subindicador	AMB1B - Composição e abundância da flora aquática	AMB2B - Composição e abundância dos invertebrados bentônicos	AMB3B - Composição, abundância e estrutura etária da fauna piscícola
Definição	Composição e abundância da flora aquática (macrófitos e fitobentos)	Composição e abundância dos invertebrados bentônicos	Composição, abundância e estrutura etária da fauna piscícola
Objetivo	Identificar qualitativamente a composição estrutural e funcional da flora aquática	Identificar qualitativamente a composição estrutural e funcional da flora aquática	Relacionar qualitativamente a composição estrutural e funcional da fauna piscícola associada às águas superficiais
Interpretação e uso	Observar a composição estrutural e funcional da flora aquática e, a partir disso, quantificar a qualidade observada conforme tabela de referência	Observar a composição e abundância dos invertebrados bentônicos e, a partir disso, quantificar a qualidade observada conforme tabela de referência	Observar a Composição, abundância e estrutura etária da fauna piscícola e, a partir disso, quantificar a qualidade observada conforme tabela de referência
Limitações	Restringe-se à opinião e compreensão pessoal do profissional observador da situação de campo e de sua expectativa futura	Restringe-se à opinião e compreensão pessoal do profissional observador da situação de campo e de sua expectativa futura	Restringe-se à opinião e compreensão pessoal do profissional observador da situação de campo e de sua expectativa futura
Metodologia de cálculo	AMB1B = Pontuação não-cumulativa relacionada à condição identificada quanto aos parâmetros: macrófitos e fitobentos	AMB2B = Pontuação não-cumulativa relacionada à condição identificada quanto ao parâmetro Composição e abundância dos invertebrados bentônicos	AMB3B = Pontuação não-cumulativa relacionada à condição identificada quanto ao parâmetro Composição, abundância e estrutura etária da fauna piscícola
Unidade de medida	Pontuação em número inteiro (n) pré-definido	Pontuação em número inteiro (n) pré-definido	Pontuação em número inteiro (n) pré-definido
Desagregação geográfica ou espacialização	Deve ser utilizado o dado referente ao trecho do curso d'água objeto de intervenção	Deve ser utilizado o dado referente ao trecho do curso d'água objeto de intervenção	Deve ser utilizado o dado referente ao trecho do curso d'água objeto de intervenção
Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: previsto 	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: previsto 	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: previsto
Fonte dos dados	Pesquisa de campo	Pesquisa de campo	Pesquisa de campo
Categorias disponíveis	Quatro categorias (Excelente, bom, razoável e mal)	Quatro categorias (Excelente, bom, razoável e mal)	Quatro categorias (Excelente, bom, razoável e mal)
Parâmetro	<ul style="list-style-type: none"> • Macrófitos e fitobentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Composição e abundância dos invertebrados bentônicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Composição, abundância e estrutura etária da fauna piscícola
Recomendações	Efetuar a coleta de informações através de observações em trabalho de campo	Efetuar a coleta de informações através de observações em trabalho de campo	Efetuar a coleta de informações através de observações em trabalho de campo
Informações complementares	Adaptado da Directiva 2000/60/CE	Adaptado da Directiva 2000/60/CE	Adaptado da Directiva 2000/60/CE

Fonte: A autora

Quadro 13 - Características técnicas dos subindicadores de impactos do indicador 'saneamento'.

Código e Nome do subindicador	SOC1A – Esgotamento	SOC2A - Abastecimento de água	SOC3B - Densidade populacional	SOC4A - Drenagem urbana
Definição	Valor médio percentual da população da bacia hidrográfica atendida com serviço de coleta e tratamento de esgotos sanitário	Taxa de População com acesso a sistemas adequados de abastecimento de água (TPA) (%)	Média do número de pessoas residentes por unidade de área em uma dada localidade (DP)	Quantidade de boca de lobo em logradouros localizados na área urbana da bacia hidrográfica (n)/hectare
Objetivo	Quantificar o esgotamento através da relação percentual total da população da bacia hidrográfica atendida, com relação ao acesso aos serviços de coleta e tratamento de esgotos sanitários	Quantificar o abastecimento de água através do valor percentual total da população da bacia hidrográfica atendida com relação ao acesso a sistemas adequados de abastecimento de água	Quantificar o ocupação populacional através da quantidade de habitantes existentes na área da bacia hidrográfica	Quantificar o atendimento da rede de drenagem na área urbana da bacia hidrográfica objeto de intervenção
Interpretação e uso	Utiliza-se o valor médio percentual da população da bacia hidrográfica atendida com serviço de coleta e tratamento de esgotos sanitário, uma vez que, os dois serviços por muitas vezes não são prestados de forma homogênea e igualitária	Utiliza-se o valor percentual total da população da bacia hidrográfica atendida com relação ao acesso a sistemas adequados de abastecimento de água.	Utiliza-se como forma de considerar a relevância social da bacia hidrográfica a partir da concentração da população residente	Utiliza-se a quantidade de boca de lobo em logradouros localizados na área urbana da bacia hidrográfica (n)/km ²
Limitações	Restringe-se apenas aos serviços de rede de coleta e tratamento de esgoto domiciliar	Apesar de serem considerados adequados apenas sistemas de abastecimento de água, aqueles que possuem o devido tratamento e distribuição de água, são utilizadas geralmente informações provenientes do prestador de serviço responsável pelo abastecimento público.	No geral será necessário estimar a média a partir do número de imóveis situados na bacia hidrográfica, uma vez que, a densidade populacional não é um parâmetro estabelecido	Em casos de localidades que não possuem rede de drenagem com boca de lobo mais, o escoamento superficial das águas pluviais funcionam bem, este parâmetro não tem como ser contabilizado
Metodologia de cálculo	$SOC1A = (TCE + TTE) / 2$ Onde, TCE = (número de pessoas da bacia com acesso a serviços de coleta de esgotos sanitários / população total da bacia hidrográfica * 100) TTE = (número de pessoas da bacia com acesso a serviços de tratamento de esgotos sanitários / população total da bacia hidrográfica * 100)	$SOC2A = TPA$ (número de pessoas da bacia com acesso a sistemas adequados de abastecimento de água / população total da bacia hidrográfica * 100)	$SOC3B = DP$ (número de habitantes na bacia / área total da bacia)	$SOC4A =$ valor total de boca de lobos existentes nos logradouros da bacia hidrográfica dividido pela área urbana da bacia hidrográfica
Unidade de medida	Percentual (%)	Densidade (n/hec)	Densidade (hab./km ²)	Número decimal

Código e Nome do subindicador	SOC1A – Esgotamento	SOC2A - Abastecimento de água	SOC3B - Densidade populacional	SOC4A - Drenagem urbana
Desagregação geográfica ou Espacialização Desagregação geográfica ou espacialização	Deve ser utilizado o dado referente à bacia pertencente ao curso d'água objeto de intervenção	Deve ser utilizado o dado referente à bacia pertencente ao curso d'água objeto de intervenção	Deve ser utilizado o dado referente à bacia pertencente ao curso d'água objeto de intervenção	Deve ser utilizado o dado referente à bacia pertencente ao curso d'água objeto de intervenção
Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: previsto 	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: previsto 	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: prevista 	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: previsto
Fonte dos dados	Órgão municipal, comitês de bacias, estudos específicos, entre outros	Órgão municipal, comitês de bacias, estudos específicos, entre outros	Órgão municipal, comitê de bacias, estudos específicos, entre outros	Órgão municipal, comitês de bacias, estudos específicos, entre outros
Categorias disponíveis	Uma categoria	Uma categoria	Uma categoria	Uma categoria
Parâmetro	<ul style="list-style-type: none"> • Taxa de População com acesso a serviço de coleta de esgotos sanitários (TCE) (%) • Taxa de População com acesso a serviço de tratamento de esgotos sanitários (TTE) (%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Taxa de População com acesso a sistemas adequados de abastecimento de água (TPA) (%) 	Média do número de pessoas residentes por unidade de área em uma dada localidade (DP)	<ul style="list-style-type: none"> • Quantidade de boca de lobo em logradouros localizados na área urbana da bacia hidrográfica (n)/hectare
Recomendações	-----	-----	-----	-----
Informações complementares	Baseado em MMA (2014) (SNIS) (2016)	Baseado em MMA (2014) (SNIS) (2016)	Baseado em MMA (2014) (SNIS) (2016)	Baseado em MMA (2014) (SNIS) (2016)

Fonte: A autora

Quadro 14 - Características técnicas dos subindicadores de impactos do indicador ‘uso de ocupação do solo’.

Código e Nome do subindicador	SOC1B - Ocupação urbana da bacia hidrográfica	SOC2B - Áreas de preservação permanentes do curso d'água	SOC3A - Resíduos sólidos
Definição	Taxa de impermeabilização da área de bacia (TIA) (%)	Taxa de ocupação de área de preservação permanente (APP) de cursos d'água (TOA) (%)	Taxa de cobertura da coleta de resíduos sólidos domiciliares em relação à população total (TCR) (%)
Objetivo	Quantificar a área impermeabilizada da bacia hidrográfica como forma de qualificar indiretamente o grau de urbanização	Quantificar a área de preservação permanente através do valor percentual de áreas de preservação permanentes dos cursos d'água da bacia hidrográfica (conforme Lei Federal nº 12.651/2012) que estão ocupadas por imobiliários urbanos	Quantificar os resíduos sólidos através do valor percentual total de domicílios da bacia hidrográfica atendidos com relação ao acesso ao serviço de coleta de resíduos sólidos
Interpretação e uso	Utiliza-se a área impermeabilizada da bacia hidrográfica como forma de quantificar o grau de ocupação urbana da bacia hidrográfica	Considera-se como área de preservação permanente (APP) de cursos d'água, todas as áreas definidas na Lei Federal nº 12.651/2012	Utiliza-se o valor percentual total de domicílios da bacia hidrográfica atendidos com relação ao acesso ao serviço de coleta de resíduos sólidos
Limitações	Não considera o tipo de ocupação e uso do solo da bacia hidrográfica	Considerando que esta área está inserida na área total da bacia, a mesma é contabilizada em duplicidade. Contudo, trata-se de fatores diferentes a serem avaliados	Restringe-se apenas ao serviço de coleta de resíduos domiciliares, desconsiderando os demais tipos de coletas e, o transporte, o transbordo e a destinação final de todos os tipos de resíduos sólidos
Metodologia de cálculo	SOC1B = TIA (área impermeabilizada da bacia hidrográfica / área total da bacia * 100)	SOC2B = TOA (área de preservação permanente de cursos d'água ocupada por imobiliários / área total de preservação permanente de cursos d'água * 100)	SOC3A = TCR (número de domicílios da bacia com acesso a coleta de resíduos sólidos / população total da bacia hidrográfica * 100)
Unidade de medida	Percentual (%)	Percentual (%)	Percentual (%)
Desagregação geográfica ou especialização	Deve ser utilizado o dado referente à bacia pertencente ao curso d'água objeto de intervenção	Deve ser utilizado o dado referente à bacia pertencente ao curso d'água objeto de intervenção	Deve ser utilizado o dado referente à bacia pertencente ao curso d'água objeto de intervenção
Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: previsto 	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: prevista 	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: previsto
Fonte dos dados	Órgão municipal, comitês de bacias, estudos específicos, entre outros	Órgão municipal, comitês de bacias, estudos específicos, entre outros	Órgão municipal, comitês de bacias, estudos específicos, entre outros
Categorias disponíveis	Uma categoria	Uma categoria	Uma categoria
Parâmetro	Taxa de impermeabilização da área de bacia (TIA) (%)	Taxa de ocupação de área de preservação permanente (APP) de cursos d'água (TOA) (%)	<ul style="list-style-type: none"> • Taxa de cobertura da coleta de resíduos sólidos domiciliares em relação à população total (%)
Recomendações	Utilizar informações atualizadas e/ou validadas através de trabalho de campo pois, o processo de ocupação urbana é dinâmico e contínuo	-----	-----

Código e Nome do subindicador	SOC1B - Ocupação urbana da bacia hidrográfica	SOC2B - Áreas de preservação permanentes do curso d'água	SOC3A - Resíduos sólidos
Informações complementares	Elaboração própria	Baseado na Lei Federal nº 12.651/2012	Baseado no Painel Nacional de Indicadores Ambientais (PNAI) do MMA (2014) e no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2016)

Fonte: A autora

Quadro 15 - Características técnicas dos subindicadores de impactos do indicador 'valor da água'.

Código e Nome do subindicador	ECN1A - Usos da água	ECN2A - Custo médio da água
Definição	Tipos de usos dados à água proveniente do cursos d'água objeto de intervenção (UDA)	Valor médio da tarifa cobrado pelo m ³ de água distribuída pela rede de abastecimento público (VMT)
Objetivo	Quantificar o valor total do uso da água do curso d'água objeto de intervenção a partir de escala de gradação qualitativa dos tipos de usos dados à água fluvial	Considerar o valor financeiro da água oferecido pelo prestador de serviço de abastecimento público e pago pelos usuários da bacia hidrográfica
Interpretação e uso	Utilizar o valor total do uso da água do curso d'água objeto de intervenção a partir de escala de gradação qualitativa pré-definida para os tipos de usos dados à água fluvial	Utiliza-se o valor médio da tarifa cobrado pelo m ³ de água distribuída pela rede de abastecimento público, como forma de quantificar os custos pelos serviços de coleta, tratamento e distribuição da água
Limitações	Restringe-se ao tipo de atividade e uso praticado ao longo do curso d'água, sem considerar a intensidade, frequência e duração	Restringe-se ao valor cobrado pelo prestador de serviço e não, o valor real gasto pelos serviços de coleta, tratamento e distribuição da água
Metodologia de cálculo	ECN1A = UDA (\sum da pontuação de cada tipo de usos da água dado à água proveniente do curso d'água objeto de intervenção)	ECN2A = VMT em R\$
Unidade de medida	Pontuação em número inteiro (n) pré-definido	Número decimal em unidade de reais (R\$)
Desagregação geográfica ou espacialização	Deve ser utilizado o dado referente ao curso d'água objeto de intervenção	Deve ser utilizado o dado referente à tarifa cobrada na bacia pertencente ao curso d'água objeto de intervenção
Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: previsto 	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: previsto
Fonte dos dados	Órgão municipal, comitês de bacias, estudos específicos, trabalho de campo, entre outros	Empresa concessionária de abastecimento de água
Categorias disponíveis	Tipo de uso da água	Uma categoria
Parâmetro	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano e dessedentação animal; • Preservação e/ou proteção das comunidades aquáticas e ambientes aquáticos; • Irrigação para produção agrícola, aquicultura e atividade pesqueira, abastecimento industrial e comercial; • Navegação e geração de energia; • Recreação e harmonia paisagística 	Valor médio da tarifa cobrado pelo m ³ de água distribuída pela rede de abastecimento público
Recomendações	É necessário efetuar a coleta de informações através de trabalho de campo	-----
Informações complementares	Elaboração própria	Baseado no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2016)

Fonte: A autora

Quadro 16 - Características técnicas dos subindicadores de impactos do indicador ‘valorização de imóveis devido aos projetos’.

Código e Nome do subindicador	ECN1B - Controle de riscos de inundações e alagamentos	ECN2B - Integração urbanística	ECN3B - Infraestrutura
Definição	Áreas da bacia susceptíveis a alagamentos (ASA) (%)	Tipos de projetos de integração urbanística (PIU)	Benefícios promovidos pelas obras de infraestrutura (BPO)
Objetivo	Considerar a quantidade percentual de áreas da bacia que são susceptíveis a alagamentos	Identificar os tipos de projetos existentes e, os previstos a serem aplicados na bacia hidrográfica que promovem integração urbanística	Identificar as obras de infraestrutura existentes e previstas pelo projeto, que podem beneficiar economicamente a bacia hidrográfica
Interpretação e uso	Utiliza-se a quantidade percentual de áreas da bacia que são susceptíveis a alagamentos como forma de demonstrar o quanto do território da bacia pode estar sendo afetado por este tipo de problema, provocando principalmente prejuízos financeiros aos atores sociais envolvidos	Qualificar economicamente de forma comparativa o espaço da bacia, a partir dos tipos de projetos de integração urbanística existentes e, os previstos a serem aplicados	Deve-se quantificar as obras de infraestrutura existentes e previstas pelo projeto em análise que beneficiam economicamente a bacia hidrográfica
Limitações	Restringe-se geralmente às áreas identificadas e/ou mapeadas por órgãos de defesa civil. Contudo, pode-se delimitar áreas a partir da aplicação de modelagem hidrológica	Restringe-se apenas ao tipos de projetos elencados na referência do subindicador	Restringe-se apenas ao tipos de obras elencadas na referência do subindicador
Metodologia de cálculo	ECN1B = ASA (áreas da bacia susceptíveis a alagamentos / área total da bacia hidrográfica * 100)	ECN2B = PIU (\sum da pontuação de cada tipos de projetos de integração urbanística)	ECN3B = BPO (\sum da pontuação dos benefícios promovidos pelas obras de infraestrutura)
Unidade de medida	Percentual	Pontuação em número inteiro (n) pré-definido	Pontuação em número inteiro (n) pré-definido
Desagregação geográfica ou espacialização	Deve ser utilizado o dado referente à bacia pertencente ao curso d’água objeto de intervenção	Deve ser utilizada a informação referente ao curso d’água objeto de intervenção	Deve ser utilizada a informação referente ao trecho do curso d’água objeto de intervenção
Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: previsto 	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: previsto 	<ul style="list-style-type: none"> • Condição pré projeto: atual ou do último levantamento; • Condição pós projeto: previsto
Fonte dos dados	Órgão municipal, comitês de bacias, estudos específicos, trabalho de campo, entre outros	Órgão municipal, comitês de bacias, estudos específicos, trabalho de campo, entre outros	Órgão municipal, comitês de bacias, estudos específicos, trabalho de campo, entre outros
Categorias disponíveis	Uma categoria	Seis categorias	Quatro categorias
Parâmetro	Áreas da bacia susceptíveis a alagamentos (%)	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção de área de preservação permanente do curso d’água • Parque linear fora da área de preservação permanente do curso d’água • Parque linear em área de preservação permanente do curso d’água • Hidrovia • Rodovia • Imobiliários urbanos 	<ul style="list-style-type: none"> • Nenhum • Acesso • Geração de energia • Abastecimento público
Recomendações	-----	-----	-----
Informações complementares	Elaboração própria	Elaboração própria	Elaboração própria

Fonte: A autora

Além disso, como ferramenta de quantificação e qualificação dos impactos hidroambientais, cada tipo de impacto tem sua planilha eletrônica denominada como ‘Relação de Impactos Hidroambientais’, a qual objetiva a demonstração dos impactos por trecho do rio ou área da bacia hidrográfica a depender do tipo de subindicador, como exemplo, o Quadro 17.

Quadro 17 – Exemplo de planilha de relação de impactos hidroambientais estipulada ao subindicador ‘qualidade da água’ a partir do parâmetro vazão média (m^3/s) estabelecido em Tabela de Referência.

Vazão média (m^3/s)				
Ponto de observação	Pré	Pós	Resultado	Tipo de Impacto
Montante	0,07	0,07	0,00	Positivo
Jusante	0,30	0,30	0,00	Positivo
Total trecho	0,19	0,19		

Fonte: A autora

Desse modo, considerando o resultado das entrevistas aplicadas aos técnicos especialistas, os indicadores de impactos hidroambientais e, conseqüentemente seu grupo temático, receberam valores relacionados às suas importâncias, sendo transformados em pesos absolutos e relativos para ponderação de sua relevância estabelecida, como apresenta a Tabela 2.

Tabela 2 - Valores referentes às importâncias dos Indicadores de Impactos Hidroambientais, a partir de pesos absolutos e relativos para ponderação de sua relevância estabelecida pelo grupo de entrevistados

TEMA	Peso do tema	média ponderada	Indicadores de Impactos	Peso absoluto do Indicador	Percentual do peso	Média de pesos	Relação entre os pesos dos Indicadores	Peso relativo 2 do indicador	Média ponderada do indicador	Peso absoluto do subindicador	Peso relativo do subindicador	Subindicadores	média ponderada do subindicador	Desvio padrão	Variância (S ²)		
AMBIENTAL	0,335	8,315	Hidrogeomorfológico	0,173	0,518	8,615	0,105	9,044	8,187	0,064	0,192	Qualidade de água	9,118	0,59	0,348		
				0,166										Vazão	7,868	0,84	0,706
				0,159										Morfometria fluvial	7,574	0,89	0,792
				0,155										Composição e abundância da flora aquática	7,353	0,87	0,757
				0,155	0,482	8,015	0,096	8,382	7,647					Composição e abundância dos invertebrados bentônicos	7,353	0,87	0,757
				0,173										Composição, abundância e estrutura etária da fauna piscícola	8,235	0,75	0,563
SOCIAL	0,358	8,879	Saneamento	0,171	0,513	9,118	0,084	9,485	8,750	0,054	0,161	Esgotamento sanitário	9,621	0,43	0,185		
				0,162										Abastecimento de água	8,106	0,82	0,672
				0,147										Resíduos sólidos	8,788	0,66	0,436
				0,142										Drenagem Urbana	8,485	0,69	0,476
				0,135										Ocupação urbana da bacia hidrográfica	8,088	1,06	1,124
				0,151	0,487	8,640	0,080	8,971	8,309					Áreas de preservação permanentes do curso d'água	9,044	0,59	0,348
ECONÔMICO	0,307	7,610	Valor da ocupação do solo	0,181	0,543	8,272	0,064	8,529	8,015	0,043	0,130	Densidade populacional	7,794	0,76	0,578		
				0,240										Usos da água	8,676	0,65	0,423
				0,204										Custo médio da água	7,353	0,73	0,533
				0,189										Controle de riscos	6,838	1,09	1,188
				0,202	0,457	6,949	0,077	7,206	6,691					Integração urbanística	7,279	1,17	1,369
				0,165											Infraestrutura	5,956	0,87

Fonte: A autora

Neste sentido, para atribuição de pesos quanto à significância de cada subindicador estabelecido, adota-se o valor referente ao seu peso relativo. Este peso considera a média ponderada do subindicador relacionado ao valor total das médias ponderadas do grupo do indicador, ambos, resultados da opinião do grupo de especialistas.

Quanto ao peso dado a cada indicador, define-se como o peso do tema. Este é referente ao somatório dos pesos relativos dos subindicadores de cada grupo temático e a sua quantificação temática somada, é igual ao valor 1, o que traduz o conjunto de indicadores analisados como unidade conjunta de análise.

Quanto à variância obtida para cada um dos subindicadores, observa-se que o subindicador 'Esgotamento sanitário' foi o que apresentou menor variação, logo, entende-se que a maioria dos entrevistados concorda com o peso indicado e atribuído para o mesmo. Com relação ao subindicador 'Integração urbanística', este apresentou maior variação para indicação de peso, o que pode levar a interpretação de que, seu grau de significância pode estar diretamente relacionado ao perfil e à compreensão dos profissionais entrevistados, já que possuem formações profissionais e focos de interesse distintos.

Assim, a forma como estes indicadores e subindicadores foram estruturados, permite que eles sejam dinâmicos e não definitivos, uma vez que variam de acordo com a natureza do objeto de estudo e o contexto de ambiente de análise. Pois, a sua ponderação ao ser obtida pela adoção de pesos, priorizam a atenção do grupo de especialistas consultado, para os pontos indicados como mais importantes.

E, embora as limitações quantitativas deste universo amostral sejam evidentes, entende-se que as informações geradas são qualitativamente significativas para a pesquisa, tendo em vista, a diversidade de perfis dos entrevistados e considerando a multiplicidade de formação acadêmica, de atuação e experiência profissional (Apêndice A).

Por fim, ressalta-se que a média dos pesos atribuídos a cada indicador poderá variar de acordo com as especificidades de cada caso, dentro dos limites de desvio padrão obtidos na pesquisa realizada junto aos entrevistados (devendo sua soma perfazer sempre o total de 100 pontos). Logo, pode-se considerar que a proposta metodológica em questão apresenta-se suficientemente flexível para atender situações específicas, considerando-se que a importância de cada indicador poderá variar, não necessariamente coincidindo com as médias constantes da Tabela 2.

3.7 Considerações finais

Os indicadores e subindicadores apresentados para avaliação de impactos hidroambientais foram elaborados, inicialmente, a partir de concepções técnico-científicas do pesquisador, tendo contribuições diretas de um grupo de técnicos especialistas brasileiros pré-selecionados. Portanto, o produto final gerado apresenta subjetividade na medida em que a classificação de alguns parâmetros e variáveis foram efetuadas de forma livre, sendo incluídos o máximo de parâmetros significativos diante das considerações desses técnicos consultados.

Destaca-se que por terem sido combinados às ponderações, os pesos relativos e absolutos dos indicadores e de seus respectivos subindicadores podem ser objetos de alteração, de acordo com a necessidade, o conhecimento e a perspectiva do grupo de avaliação e/ou de gestão, bem como, dos objetivos do modelo de sustentabilidade aplicado e planejado em determinado local. Isto constitui que, o valor significância obtido a partir das ponderações dos valores da média ponderada não são fixos, podendo ainda, serem aprimorados e especificados.

Quanto à sua aplicação, compreende-se que os indicadores e subindicadores apresentados são capazes de orientar a tomada de decisão uma vez que, podem ser aplicados diretamente para qualiquantificação de impactos hidroambientais existentes e os que possivelmente serão gerados com a execução de um determinado projeto de intervenção. Para isto, o grupo técnico avaliador do projeto deve utilizar-se de conhecimentos pré-estabelecidos e sensibilidade técnica para julgamento do projeto em questão.

Contudo, ressalta-se que esses indicadores e subindicadores não apresentam os impactos cumulativos como também, não fornecem uma visão sistêmica qualiquantitativa da condição existente do curso d'água em estudo e do impacto hidroambiental possivelmente provocado pela aplicação de determinado projeto.

Desse modo, recomenda-se que os mesmos possam ser utilizados como base de um processo de avaliação de impacto ambiental e/ou componentes e um método ou metodologia de avaliação específica, a qual tenha como função, considerar a interrelação e sinergia entre os diversos impactos hidroambientais.

4 AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE HIDROAMBIENTAL PARA PROJETOS DE INTERVENÇÕES EM RIOS PERENES: CONCEITO E ESTRUTURAÇÃO DA METODOLOGIA

4.1 Resumo

Diante dos diferentes interesses ambientais, sociais e econômicos e, da diversidade e complexidade dos sistemas fluviais, as avaliações de impactos ambientais de projetos de barragens, dragagens, retificações e requalificações fluviais são desafiadas a abordar e considerar os aspectos da sustentabilidade hidroambiental para julgamento da viabilidade do projeto em análise. Assim, este trabalho com o objetivo de oferecer suporte e orientar equipes técnicas de órgãos ambientais no licenciamento ambiental na análise desses tipos de projetos, desenvolve uma metodologia semiquantitativa de avaliação de sustentabilidade direcionada à avaliação de projetos de intervenções em pequenos e médios cursos d'água perenes, baseada na dinâmica hierárquica de trechos e em indicadores de impactos hidroambientais. Para isto, a pesquisa de caráter exploratório, descritivo e interpretativo, desenvolve-se a partir de revisão bibliográfica, pesquisa documental e pesquisa de campo, para fundamentação e organização da metodologia de avaliação proposta.

Palavras-chave: Impactos cumulativos. Avaliação de impacto ambiental. Avaliação de sustentabilidade. Sistema fluvial. Dinâmica hierárquica de trechos.

Abstract:

In view of the different environmental, social and economic interests, and the diversity and complexity of river systems, environmental impact assessments of dams, dredging, rectifying and river upgrading projects are challenged to address and consider aspects of water sustainability for viability judgment of the project under review. Thus, this work with the objective of supporting and advising technical teams of environmental agencies in environmental licensing in the analysis of these types of projects, develops a semiquantitative methodology of sustainability assessment directed to the evaluation of projects of interventions in small and medium water courses based on the hierarchical dynamics of stretches and indicators of hydro-environmental impacts. For this, the exploratory, descriptive and interpretive research is developed based on bibliographic review, documentary research and field research, for the foundation and organization of the proposed evaluation methodology.

Keywords: Cumulative impacts. Environmental impact assessment. Sustainability assessment. River system. Hierarchical dynamics of stretches.

4.2 Introdução

A Conferência Internacional da Organização das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Brasil na cidade do Rio de Janeiro no ano de 1992, adotou a Agenda 21 para transformar o desenvolvimento sustentável em uma meta global. De acordo com Moldan & Bilharz (1997), um dos principais aspectos levantados nos primeiros encontros desta comissão, foi o da necessidade de se criar padrões que servissem de referência para medir o progresso da sociedade em direção ao que se convencionou chamar de futuro sustentável.

Assim, ao longo dos anos, muitas metodologias e instrumentos de gestão ambiental foram sendo criados, a fim de avaliar a sustentabilidade perante os mais diferentes tipos de intervenções antrópicas sobre o meio ambiente. Neste contexto, foram sendo desenvolvidos Indicadores e Índices de sustentabilidade, bem como a incorporação destes no processo de criação de metodologias de Avaliação de Sustentabilidade (AS) e, na consolidação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA).

Conforme Van Bellen (2004), apesar da existência de diversos sistemas relacionados à avaliação da sustentabilidade, existem diversos elementos que ainda não estão devidamente estudados e desenvolvidos, tais como: a multidimensionalidade do conceito de desenvolvimento sustentável, a complexidade que decorre da agregação de variáveis não relacionadas diretamente, a questão da transparência em sistemas de avaliação, a existência dos julgamentos de valor e sua ponderação nos diversos sistemas, o tipo de processo decisório envolvido, bem como o tipo de variável envolvida (qualitativa, quantitativa ou as duas), entre outros.

Segundo Pohl (2005) e Sala *et al.* (2015), a AS é um dos tipos mais complexos de metodologias de avaliação, a qual não simplesmente aborda aspectos multidisciplinares (ambiental, econômico e social), mas também envolve aspectos culturais e de valor sobre os elementos de estudo. Além disso, como cita Sala *et al.* (2015), geralmente a AS é conduzida para apoiar a tomada de decisão e o desenvolvimento de políticas em um amplo contexto.

Por se tratar de uma metodologia, esta deve ser concebida sob a preocupação ferramental do processo de pesquisa, o qual trata das formas de se fazer ciência, operando com procedimentos, ferramentas e caminhos para se alcançar um determinado objetivo. De acordo com Gerhardt & Silveira (2009), uma metodologia se interessa pela validade do caminho escolhido para se chegar ao fim proposto pela pesquisa. Ela vai além da descrição dos procedimentos (métodos e técnicas a serem utilizados na pesquisa), indicando a escolha teórica realizada pelo pesquisador para abordar o objeto de estudo.

Para isto, a AS utiliza-se de ferramentas de instituições de articulação de valor como os Indicadores e/ou Índices, dos quais, como defendem Gasparatos (2010) e Pereira *et al.* (2016), sua escolha deriva de vários aspectos técnicos e tem repercussões práticas no processo de composição da avaliação, já que essas ferramentas possibilitam a conversão de um conceito abstrato em diversos subitens práticos e tangíveis.

Conforme cita Sandoval & Cerri (2009), a importância da avaliação dos impactos e da previsão de sua significância é inquestionável, já que a identificação, previsão e avaliação de impactos ambientais são caracterizadas por incertezas inerentes ao caráter prévio dos estudos e garantem ou não a viabilidade de um projeto. E, “para alcançar, em longo prazo, objetivos de desenvolvimento sustentável, (...) a AIA não pode se situar exclusivamente nas suas capacidades preditivas (ou falta delas), mas também, em sua função de mecanismo de promoção do desenvolvimento sustentável e da aprendizagem social.” (WILKINS, 2003).

No entanto, conforme cita Pope *et at.* (2013), a falta de consideração integrada de questões de sustentabilidade mais amplas dentro da AIA, apresenta este instrumento como problema potencial à análise, em vista que, embora a prática esteja bem estabelecida e é difícil imaginar que a avaliação de impacto desapareça, a ameaça de ser simplificada por instituições políticas ao ponto de torná-la ineficaz por percebê-la como um obstáculo para o ‘desenvolvimento econômico’.

Assim, compreendendo que as metodologias voltadas às AIAs comumente utilizadas nos estudos ambientais, apresentam-se de forma genérica e tentam atender por muitas vezes de forma adversa às finalidades de sua concepção e aos diferentes objetos e objetivos dos projetos em questão, entende-se que no processo de licenciamento ambiental, a AS baseada em Indicadores e/ou Índices de Sustentabilidade pode ser um importante instrumento coexistente de suporte à AIA, uma vez que, traz em seu âmbito, a agregação de aspectos intrínsecos à análise de impactos ambientais previstos pela implantação de um determinado empreendimento/atividade no meio ambiente.

Não diferentemente disto, com relação aos cursos d’água, apesar de possuírem função fundamental para a dinâmica e equilíbrio ambiental, estes corpos hídricos sofrem diversas pressões sociais e econômicas derivadas do modelo de desenvolvimento socioeconômico do contexto em que se insere.

Em vista disto, quando submetidos ao licenciamento ambiental, estes projetos também passam pelo emprego de métodos genéricos e metodologias fundamentadas a partir de Termos de Referência (TRs). Contudo, apesar de ser um documento norteador constituído a partir de

estudos técnicos preliminares e orientações sobre os elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado para caracterizar o objeto de demanda de análise, devido a uniformidade de pontos, critérios e elementos básicos para elaboração de estudos específicos, o TR pode não garantir a qualidade dos estudos ambientais.

Neste sentido, as intervenções estruturais quando projetadas para este tipo de ambiente, precisam abordar e contemplar as diferentes perspectivas nos âmbitos ambiental, social e econômico para atingir os objetivos da sustentabilidade. Pois, "reconhecendo que não se pode gerenciar aquilo que não é medido, é importante medir o desempenho de um determinado sistema para verificar se o mesmo está alcançando suas metas e compará-lo com outros. Essa avaliação fornece as informações necessárias para a tomada de decisões, o alcance de um padrão de referência e a promoção da melhoria contínua (VELEVA *et al.*, 2001).

Contudo, compreendendo que “todas as definições e ferramentas relacionadas à sustentabilidade devem considerar o fato de que não se conhece totalmente como o sistema opera. Pode-se apenas descobrir os impactos ambientais decorrentes de atividades e a interação com o bem-estar humano, com a economia e com o meio ambiente. Pois, em geral, sabe-se que o sistema interage entre as diferentes dimensões, mas não se conhece especificamente o impacto dessa interação” (VAN BELLEN, 2004), bem como, os impactos cumulativos decorrentes da capacidade de impactos se sobreporem no tempo e/ou no espaço de forma associada ou não ao empreendimento ou atividade em análise.

Desse modo, este trabalho, considerando que “(...) a finalidade da avaliação da sustentabilidade é fornecer aos tomadores de decisão uma avaliação dos sistemas em termos de perspectivas de curto e longo prazo, a fim de ajudá-los a determinar quais ações devem ou não devem ser realizadas na tentativa de tornar a sociedade sustentável” (TELES *et al.*, 2013), tem como objetivo desenvolver uma metodologia de avaliação de sustentabilidade hidroambiental direcionada à avaliação de projetos de intervenções em pequenos e médios cursos d’água.

A estruturação desta metodologia possui a análise da organização dos sistemas fluviais, baseada na abordagem da dinâmica hierárquica de trechos proposta por Frissel *et al.*(1986), a qual é composta pela integração das perspectivas de análise de trecho e de rede. Esta abordagem deriva das ideias da teoria da hierarquia, originada na ecologia, na qual “os sistemas são apreendidos como elementos dispostos em diferentes níveis de organização. Elementos em níveis mais elevados na hierarquia restringem atributos e comportamento em níveis mais baixos (ALLEN e STARR, 1982)”.

Assim, para qualiquantificação da interrelação dos impactos hidroambientais identificados, são empregados então, indicadores de impactos hidroambientais pré-elaborados, com o objetivo de oferecer o suporte técnico-científico à equipe técnica de AIA do órgão ambiental e, grupos não especializados envolvidos no licenciamento ambiental para estes tipos de projetos. Tais indicadores são compostos por um grupo de 18 (dezoito) subindicadores, entre eles, de impactos ambientais, sociais e econômicos.

No mais, indica-se que a metodologia elaborada está fundamentada através de revisão bibliográfica e pesquisa documental; sendo recomendada sua aplicação, restritamente aos casos de projetos que conforme estabelece a legislação ambiental brasileira vigente, não necessitam de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (Rima), uma vez que, esta metodologia em sua estruturação adota a bacia hidrográfica e a hierarquia de trechos como escalas geográficas de análise.

4.3 Avaliação de sustentabilidade no processo de Avaliação de Impacto Ambiental

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é vista no paradigma da ciência aplicada como um processo no qual a ciência, o conhecimento e a experiência são colocados em aplicação prática (CASHMORE, 2004). Este instrumento de gestão ambiental deve contar com ferramentas metodológicas para elaboração e embasamento de seus estudos ambientais a fim de oferecer fundamentação na identificação, na análise e na avaliação dos impactos ambientais decorrentes das intervenções antrópicas projetadas e aplicadas.

Conforme Pimentel & Pires (1992), a metodologia a ser adotada nos estudos ambientais deve explicitar e justificar a escolha dos métodos e ferramentas, bem como os objetivos a serem alcançados com a utilização de cada um deles, contribuindo para facilitar a compreensão de todo o processo e a apresentação e discussão dos resultados com os órgãos ambientais e com o público.

Nesta perspectiva, compreende-se que a Avaliação de Sustentabilidade (AS) como uma metodologia de avaliação, pode ser um importante instrumento de gestão ambiental para embasamento da análise do conjunto de dados e informações contidas nestes estudos ambientais, uma vez que, de acordo com Lee (2006), Bond *et al.* (2011) e Bond *et al.* (2012) este tipo de metodologia assegura mais atenção direta, efetiva e eficiente à interação dos fatores sociais, econômicos e ambientais envolvidos no processo de avaliação de uma determinada intervenção antrópica no meio ambiente.

Contudo, aprofundando esta ideia, Bond *et al.* (2012) destaca que AS é um enquadramento recente da avaliação de impacto que coloca ênfase na interrelação de processos e fenômenos, na qual a sustentabilidade é considerada no presente e, prospectada para futuros a médios e longos prazos. Ainda, segundo o mesmo autor (*ibid*) e Pope *et al.* (2017), este tipo de avaliação pode ser direcionado a qualquer tipo de tomada de decisão, já que pode assumir várias formas e é fundamentalmente plural em sua abrangência dos fenômenos e processos.

Conforme Bond *et al.* (2012) e Masud *et al.* (2018), a avaliação de sustentabilidade é considerada como a geração seguinte da avaliação de impacto ambiental e da avaliação ambiental estratégica, uma vez que abordam principalmente os impactos associados através de indicadores, comunicando informações essenciais à tomada de decisão por parte dos usuários e dos formuladores de políticas.

Dessa forma, o objetivo da aplicação dessa metodologia é “a realização de uma avaliação de sustentabilidade, começando com a compreensão do contexto de planejamento, incluindo o contexto regulatório e institucional e as restrições que isso possa colocar na prática; a natureza da política, plano ou programa que está sendo avaliado; e os recursos disponíveis para realizar a avaliação” (LEE, 2006), para que "os planos e as atividades contribuam de forma ótima para o desenvolvimento sustentável" (VERHEEM, 2002).

Neste caso, “o processo de AS pode ser o meio pelo qual um problema é estruturado e estratégias alternativas para resolver esses problemas são desenvolvidas e avaliadas “(POPE *et al.*, 2017); porém, sua eficácia pode ser “(...) altamente contestada devido à natureza baseada no valor do objetivo assumido (desenvolvimento sustentável), porque a própria eficácia pode ser determinada através de diferentes enquadramentos teóricos” (BOND *et al.*, 2011). Além disso, de acordo com Campos *et al.* (2014), sabe-se que mensurar a sustentabilidade requer a integração de um grande número de informações advindas de uma pluralidade de disciplinas e áreas de conhecimento.

Sobre isto, então, indica-se que “as ferramentas de avaliação definidas como as várias técnicas analíticas, que podem ser utilizadas para conduzir análises/comparações dentro de quadros como da AIA” (GASPARATOS, Embedded value systems in sustainability assessment tools and their implications, 2010), devem tentar entender um sistema e oferecer informações em um formato que possa auxiliar o processo de tomada de decisão (GASPARATOS *et al.*, 2009; MARTINET, 2011).

Desde então, este tipo de análise perante os cenários ambientais tornou-se o principal desígnio no processo de AIA, para aplicação e monitoramento de um determinado projeto, já

que, como cita Wilkins (2003), a subjetividade e a imprecisão preditiva na AIA não são problemas, mas elementos para promover e envolver o próprio processo. Para ele, uma decisão satisfatória no fim de uma AIA específica não é o único objetivo do processo, pois, o desafio está em “reconhecer, compreender e considerar a incerteza para garantir uma boa AIA” (LEUNG *et al.*, 2015).

No entanto, perante a complexidade e diversidade de impactos ambientais, sociais e econômicos derivados de uma determinada aplicação de projeto, estas ferramentas possuem como desafio, a quantificação e/ou qualificação da sustentabilidade, onde a sua utilização na AS “(...) consiste na elaboração de metodologias adequadas que permitam avaliar a sustentabilidade de posto existir diferentes características e peculiaridades inerentes aos aspectos sociais, econômicos, ambientais, culturais e institucionais” (CARVALHO *et al.*, 2011).

À vista disto, este tipo de Avaliação deve ainda “(...) integrar projetos e atividades com o objetivo de promover a recuperação e a preservação da qualidade e quantidade dos recursos das bacias hidrográficas como também a recuperação e preservação de nascentes, mananciais e cursos d’água em áreas urbanas. E para um melhor monitoramento dessa gestão visando à sustentabilidade dos recursos hídricos, será importante a utilização de indicadores de sustentabilidade. Para tanto, os indicadores de sustentabilidade hídrica surgem como ferramentas que ajudam refletir e comunicar uma ideia complexa.” (LACERDA & CÂNDIDO, 2013).

De acordo com Gasparatos (2010), as ferramentas de avaliação mais amplamente utilizadas são os Indicadores e Índices de Sustentabilidade, os quais podem ser de vertente econômica (por exemplo, CBA, Whole Life Costing), biofísicas (por exemplo, análise de fluxo de materiais, pegada ecológica, contabilidade de energia), listas de indicadores / índices compostos e Análise multicritérios (MCA), entre outros.

No Brasil, a Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997, vinculou à legislação ambiental do país, a necessidade de se incorporar ao sistema de licenciamento ambiental os instrumentos de gestão ambiental, visando a aplicação do desenvolvimento sustentável e a melhoria contínua do processo de análise e avaliação ambiental. Com este entendimento foram então definidos e revistos instrumentos, procedimentos e critérios utilizados no processo de licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental no país.

4.4 Sustentabilidade hidroambiental na gestão de recursos hídricos

Os sistemas hídricos são complexos e dinâmicos, e a previsão dos impactos sobre eles por muitas vezes torna-se difícil e incerta. Conforme Shakib-Manesh *et al.* (2014), mesmo os trabalhos de construções hidráulicas em pequena escala, como dragagem, construção de paredes laterais nos rios, podem ter impactos negativos na natureza, na paisagem e na qualidade da água e por este motivo, devem ser bem planejadas, estruturadas e acompanhadas ao longo do tempo.

Assim, compreendendo que a gestão ambiental e de recursos hídricos possuem significativo papel e desafio para este tipo de controle, uma vez que deve considerar o estado atual do sistema fluvial e das diferentes demandas dos fatores e atores envolvidos, entende-se que é preciso trabalhar sobre as perspectivas da sustentabilidade hídrica e ambiental como forma de garantir a qualidade do ambiente e de seus recursos para as futuras gerações.

Salman & Bradlow (2006) no estudo denominado *Regulatory frameworks for water resources management: a comparative study*, ao abordar de forma comparativa os quadros regulatórios dos instrumentos, estruturas e elementos essenciais para gestão de recursos hídricos em 16 (dezesesseis) territórios politico-administrativos (Armênia, Brasil, Camarões, China, Costa Rica, União Européia, França, Alemanha, Cazaquistão, México, Marrocos, Nepal, Senegal, África do Sul, Vietnã e Iémen), reforçaram a necessidade de se repensar e aplicar a gestão de recursos hídricos no topo das agendas e planos, integrando as esferas gerencial, tecnológica, financeira, social, econômica, política, institucional e jurídica, confirmando assim, a natureza multidisciplinar e transdisciplinar da água.

Dessa forma, como meio de realizar uma gestão integrada de recursos hídricos, destaca-se que os planos e projetos que envolvem questões ligadas a este tipo de recurso, devem ser desenvolvidos em consonância com as políticas públicas ambientais e de recursos hídricos, corroborando o que se chama de sustentabilidade hidroambiental.

Segundo Vieira (1996), o termo *sustentabilidade hidroambiental* abrange a gestão integrada de recursos hídricos de uma região, considerando a abrangência de vários aspectos como o ciclo hidrológico, em suas fases superficial, subterrânea e aérea; os usos múltiplos da água; o inter-relacionamento dos sistemas naturais e sociais; a interdependência dos componentes econômicos, sociais, ambientais e políticas de desenvolvimento que, na contemporaneidade, encontram-se qualificados no modelo de desenvolvimento sustentável.

Observa-se então, como defendem Iori *et al.* (2008) e Masud *et al.* (2018), a necessidade de associação das diferentes vertentes de envolvimento da água como elemento da natureza,

bem, recurso e insumo, onde todos constituintes são integrantes dos sistemas hídricos em seu âmbito ambiental, social, econômico e político.

No caso do Brasil, a Política Nacional de Meio Ambiente através da Lei Federal nº 6.938/1981 introduziu oficialmente o conceito de sustentabilidade na gestão ambiental do País, quando delimitou, como seu objetivo principal, a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental, associando-a à promoção de condições de desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

Contudo, apesar do marco legal que estabeleceu o gerenciamento integrado dos recursos hídricos ter sido claramente fixado no inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal de 1988, “a falsa concepção de abundância foi responsável, por muito tempo, pela falta de um sistema de gerenciamento integrado dos recursos hídricos, o que acarretou a cultura do desperdício da água potável, não proporcionou os investimentos necessários em tratamento de esgotos domésticos para proteger a qualidade das águas fluviais e não atribuiu o devido valor econômico à água” (CAMPOS, 2005), bem como, não reconheceu o valor ambiental deste recurso e de suas fontes.

Com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, foi implementada a gestão integrada dos recursos hídricos no Brasil, por meio da criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNRH). Porém, apenas a partir da criação da Agência Nacional das Águas (ANA) no ano de 2000, conforme cita Campos (2005), é que o interesse pelos recursos hídricos do país aumentou consideravelmente, ao serem apresentados pela mídia reflexões e debates, não só de especialistas do setor, mas de toda a sociedade, numa indicação de que um grande passo estaria sendo dado no Brasil no sentido da implantação de um modelo sustentável de desenvolvimento, baseado no aproveitamento racional da água.

4.5 Metodologia de trabalho

O processo metodológico utilizado para o desenvolvimento do trabalho é estruturado a partir da abordagem descritiva, comparativa e interpretativa, estando fundamentada para embasamento do tema e de seu objeto de estudo, em pesquisa de gabinete por meio de revisão bibliográfica e documental, e, posteriormente, por pesquisa de campo com observação participativa do autor.

O emprego da pesquisa de campo neste trabalho é efetuado com a finalidade de observação e posterior assimilação de pontos, critérios e elementos pertinentes à estruturação da metodologia proposta, que não foram identificados durante a pesquisa de gabinete, para

contribuição na elaboração da escala de gradação para fixação de níveis dos impactos para os Indicadores de Impactos Hidroambientais pré-estabelecidos.

Como procedimento à composição estrutural da metodologia proposta, a pesquisa é desenvolvida conceitualmente considerando a bacia hidrográfica como unidade territorial de análise e a abordagem da dinâmica hierárquica de trechos desenvolvida por Frissel *et al.* (1986), segmentada em duas etapas procedimentais adotando as aplicações efetuadas por Rabelo & Lima (2007), Toro *et al.* (2013), Bomfim *et al.* (2015) e Rodrigues *et al.* (2016).

Como elementos para mensuração dos impactos hidroambientais, são utilizados os indicadores e subindicadores de impactos hidroambientais desenvolvidos no *capítulo 3*, uma vez que contemplam a partir de concepções técnico-científicas do pesquisador, contribuições diretas de especialistas técnicos brasileiros da área de recursos hídricos e/ou avaliação de impacto ambiental.

Desse modo, na primeira etapa metodológica deste trabalho, são efetuados os seguintes passos com introdução dos mesmos em planilha eletrônica:

- **1º passo** – Utilização dos valores de ponderação dos indicadores e subindicadores, bem como, de planilha eletrônica de ‘Relação de Impactos Hidroambientais’, para composição de ‘Matriz de Indicadores de Impactos Hidroambientais’, uma vez que, a planilha usa os pontos de observação de: trecho de curso d’água ou área da bacia hidrográfica a depender do subindicador analisado, em consonância com a concepção da Metodologia proposta.
- **2º passo** - Normalização de todos os subindicadores, para eliminar os efeitos de escalas e de unidades de medida baseados na planilha de ‘Relação Impactos Hidroambientais’, uma vez que elas se referem a indicadores diferentes. Esse procedimento assegura que cada variável empregada no cálculo de cada indicador temático tenha o mesmo tipo de unidade de mensuração (adimensional), com pesos relativos proporcionais à importância dada aos subindicadores, considerando especificamente o conjunto de valores de cada análise. Para tanto, os dados foram lançados em planilha eletrônica, onde foi calculada a média e o desvio padrão de cada subindicador e indicador temático a partir da Equação 9 proposta por Calório (1997) e aprimorado por Daniel *et al.* (2001).

$$vp_n = \frac{5 + (x_n - \bar{x})}{s} \quad (9)$$

Onde,

vp_n : valor normalizado do indicador;

x_n : dimensão real do indicador;

\bar{x} : valor médio de todos os indicadores;

S : desvio-padrão de todos os indicadores;

5 : constante para eliminar valores negativos ou iguais a zero.

- **3º passo** - Definição dos valores do fator de ponderação de abrangência espacial dos níveis dos impactos hidroambientais identificados para cada subindicador e para composição de ‘Matriz de indicadores de impactos hidroambientais’. Nesta proposta, a ponderação da escala é determinada pelo pesquisador, adotando a abrangência espacial do impacto hidroambiental analisado a partir da relação entre a escala do trecho (montante e jusante) do curso d’água e, da área da bacia hidrográfica considerando algumas de suas características físicas da geomorfologia fluvial (Quadro 18). Destaca-se que os valores relativos aos fatores de ponderação dos subindicadores para abrangência espacial do impacto são atribuídos diferentemente para cada caso de projeto em análise, uma vez que são considerados a área da bacia hidrográfica (km²), o comprimento do curso d’água (km) e o comprimento do trecho objeto de intervenção (km), conforme mostram a Equação 10, para identificação de fator espacial para o trecho (x) e, a Equação 11, para identificação de fator espacial para a bacia hidrográfica:

Quadro 18 - Tipos de escala espacial e fator de ponderação de ocorrência de impactos hidroambientais sobre o ambiente de análise.

Escala espacial de ocorrência dos impactos hidroambientais	Fator de ponderação de abrangência espacial do impacto
Trecho: quando o impacto se estende para além do pontual, porém confinado ao trecho a montante e/ou a jusante do curso d'água, objeto de intervenção	x
Bacia: quando o impacto observado extrapola os limites do trecho de intervenção, afetando áreas adjacentes, à jusante e/ou à montante da intervenção	y

Fonte: Baseada em Rodrigues *et al.* (2016)

$$K(x) = \frac{\left(\frac{L}{A}\right) \cdot l}{10} \quad (10)$$

Onde:

K (x): fator de ponderação de abrangência espacial do impacto no trecho do cursos d'água objeto de intervenção;

L = comprimento total do curso d'água (km);

A = área da bacia hidrográfica em qual o curso d'água se insere (km²);

l = comprimento do trecho do curso d'água, objeto de intervenção (km);

sendo que,

$\frac{L}{A}$ = densidade da drenagem.

$$K(y) = 10 - K(x) \quad (11)$$

Onde:

K (y): fator de ponderação de abrangência espacial do impacto da bacia hidrográfica, do cursos d'água objeto de intervenção;

K (x): fator de ponderação de abrangência espacial do impacto do trecho do cursos d'água objeto de intervenção

- **3º passo** – Elaboração de matriz de correlação para cada Indicador e seu grupo de Subindicadores, com suas respectivas particularidades de importância, componentes

e influência, denominada ‘Matriz dos Indicadores de Impactos Hidroambientais’. Para isto, utiliza-se de planilha eletrônica, uma vez que o objetivo deste procedimento é de agregar de forma quali-quantitativa os dados coletados, possibilitando de forma confiável, uma análise sistêmica da situação em análise, potencializando a multidisciplinaridade e a transdisciplinaridade sugerida à metodologia de avaliação de sustentabilidade.

Na segunda etapa, considerando a aplicação da matriz de correlação, as informações geradas são organizadas também em planilha eletrônica e programadas para apresentação dos seus resultados em gráficos do tipo radar. Nesta etapa, cada tipo de indicador apresenta-se a partir de um gráfico composto por seus respectivos subindicadores, particularidades de importância e influência.

Para isto, utilizam-se dos seguintes passos metodológicos baseados nos trabalhos de Bomfim *et al.* (2015) e de Braulio-Gonzalo *et al.* (2015), para realizar a demonstração gráfica dos resultados obtidos na etapa anterior:

- **1º passo** – Construção de gráfico do tipo radar em planilha eletrônica, para cada Grupo de Indicador temático a partir da aplicação dos valores obtidos através da matriz de correlação, na condição de pré e pós aplicação do projeto objeto de análise, e para o campo resultado de impactos.
- **2º passo** – Cálculo do ângulo formado por dois subindicadores de impactos hidroambientais adjacentes, conforme Equação 12.

$$\alpha = \frac{360}{N} \cdot \frac{\pi}{180} \quad (12)$$

Onde:

α : ângulo formado entre os eixos gráficos radar, em radianos;

N: número de indicadores estudados.

- **3º passo** – Delimitação e conhecimento do lado desconhecido dos triângulos componentes de cada polígono temático formador no gráfico tipo radar.

Considerando que dois lados de cada triângulo possuem medidas iguais à dimensão normalizada de subindicadores adjacentes, determina-se o terceiro lado para que seja possível o cálculo da área de cada triângulo, conforme a Equação 13.

$$\mathbf{d}_n = \sqrt{(\mathbf{vp}_n)^2 + (\mathbf{vp}_n + 1)^2 - 2(\mathbf{vp}_n \cdot \mathbf{vp}_{n+1})\cos \alpha} \quad (13)$$

Onde:

\mathbf{d}_n : lado desconhecido do triângulo;

\mathbf{vp}_n : dimensão normalizada do indicador n;

\mathbf{vp}_{n+1} : dimensão normalizada do indicador n + 1;

$\cos \alpha$: cosseno do ângulo α formado entre os eixos de cada indicador.

- **4º passo** – Cálculo do semiperímetro para posterior conhecimento da área total do triângulo de cada subindicador, conforme a Equação 14.

$$\mathbf{P}_n = \frac{\mathbf{vp}_n + \mathbf{vp}_{n+1} + \mathbf{d}_n}{2} \quad (14)$$

Onde,

\mathbf{P}_n : semiperímetro do triângulo;

\mathbf{vp}_n : dimensão normalizada do indicador n;

\mathbf{vp}_{n+1} : dimensão normalizada do indicador n + 1;

\mathbf{d}_n : lado desconhecido do triângulo.

- **5º passo** – A partir do semiperímetro encontrado, é calculada a área do polígono conforme a Equação 15, para todos os grupos de indicadores de impactos hidroambientais ou indicadores temáticos:

$$\mathbf{S}_n = \sqrt{\mathbf{P}_n \cdot (\mathbf{P}_n - \mathbf{vp}_n) \cdot (\mathbf{P}_n - \mathbf{vp}_{n+1}) \cdot (\mathbf{P}_n - \mathbf{d}_n)} \quad (15)$$

Onde:

\mathbf{S}_n : área do triângulo;

P_n : semiperímetro do triângulo;

vP_n : dimensão normalizada do indicador n;

vP_{n+1} : dimensão normalizada do indicador n + 1;

d_n : lado desconhecido do triângulo.

- **6º passo** - Ao final, as áreas dos triângulos são somadas para conhecimento e mensuração dos impactos hidroambientais no estado atual e, no estado posterior à aplicação do projeto proposto, formando então polígonos para cada tipo de indicador. A partir disso, as áreas dos polígonos correspondentes aos impactos temáticos absolutos podem ser comparadas graficamente, e os valores relativos a cada grupo de impactos temáticos podem ser aferidos a partir da Equação 16. Sendo o valor final do impacto hidroambiental temático maior que 0, este é considerado impacto positivo, podendo-se entender que o projeto em análise, deve trazer benefícios aparentes quando da sua aplicação.

$$VIH = S_n I - S_n F \quad (16)$$

Onde:

VIH: valor final do Impacto hidroambiental temático;

$S_n I$: área do triângulo de grupo de impactos temáticos referente aos impactos hidroambientais iniciais/anteriores à aplicação do projeto em análise;

$S_n F$: área do triângulo de grupo de impactos temáticos referente aos impactos hidroambientais finais à aplicação do projeto em análise.

4.6 Resultados e discussão

4.6.1 Conceito e objetivo da Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios)

A Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios) destina-se à prestar subsídios técnicos ao instrumento de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) no processo de licenciamento ambiental de projetos

de projetos de barragens, retificações de cursos d'água, dragagens, como também aqueles direcionados ao restabelecimento de rios.

Para isto, a Metodologia considera em sua concepção, os objetivos expressos da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) instituída pela Lei Federal nº 6.938/1981 (BRASIL, 1981), em especial à compatibilização do desenvolvimento econômico e social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico; os da Política Nacional de Recursos Hídricos instituídos pela Lei Federal nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997) e, a Resolução CONAMA Nº 001/1986 (CONAMA, 1986).

Desse modo, uma vez que, a MASRios deve ser capaz de dar subsídios para identificação, predição e avaliação ao instrumento de AIA desses projetos, adota a bacia hidrográfica como recorte espacial de análise territorial. Assim, determina-se como o objeto de estudo, projetos em pequenos e médios cursos d'águas perenes, aqui compreendidos como rios de 1ª e 2ª ordem, conforme classificação hierárquica de Horton (1945) modificada por Strahler (1952) e, abordados a partir da dinâmica hierárquica de trechos desenvolvida por Frissel *et al.* (1986).

Conforme cita Souza (2013), é essencial encontrar uma episteme sistêmica que suporte a análise integrada dos diferentes elementos em estudos sobre o ambiente fluvial. A referida dinâmica hierárquica de trechos para a análise dos processos deve levar em conta a estrutura do sistema, bem como os elementos externos à rede de drenagem e, os presentes no sistema de drenagem.

Neste sentido, diante da complexidade dos elementos e agentes envolvidos nesses tipos de projetos, são definidos como conjunto de análise da metodologia, componentes ambientais, sociais e econômicos envolvidos nos seus processos de instalação e operação. A MASRios utiliza-se dos Indicadores de impactos hidroambientais elaborados no *Capítulo 3*, os quais estão subdivididos em três grupos de subindicadores definidos por diferentes componentes ou variáveis: indicadores de impactos ambientais, indicadores de impactos sociais e indicadores de impactos econômicos (Quadro 19).

Quadro 19 - Indicadores e subindicadores de impactos hidroambientais componentes da MASRios.

TEMA	Indicadores de Impactos	Subindicadores	Código
AMBIENTAL	Hidrogeomorfológico	Qualidade de água	AMB1A
		Vazão	AMB2A
		Morfometria fluvial	AMB3A
	Biodiversidade	Composição e abundância da flora aquática	AMB1B
		Composição e abundância dos invertebrados bentônicos	AMB2B
		Composição, abundância e estrutura etária da fauna piscícola	AMB3B
SOCIAL	Saneamento	Esgotamento sanitário	SOC1A
		Abastecimento de água	SOC2A
		Resíduos sólidos	SOC3A
		Drenagem Urbana	SOC4A
	Uso e ocupação do solo	Ocupação urbana da bacia hidrográfica	SOC1B
		Áreas de preservação permanentes do curso d'água	SOC2B
		Densidade populacional	SOC3B
ECONÔMICO	Valor da água	Usos da água	ECN1A
		Custo médio da água	ECN2A
	Valorização de imóveis devido a projetos de intervenções fluviais	Controle de riscos	ECN1B
		Integração urbanística	ECN2B
		Infraestrutura	ECN3B

Fonte: A autora

A metodologia utiliza-se dos indicadores temáticos compostos, produtos da combinação de subindicadores em um único valor, para facilitar a comparação entre os projetos, como também, a orientação para aplicação de medidas de mitigação e compensação ambiental no processo de licenciamento e controle ambiental.

Desse modo, esta compartimentação tem como objetivo, “(...) conhecer a situação que se deseja modificar, estabelecer as prioridades, escolher alternativas mais sustentáveis, identificar os objetivos e traduzi-los em metas e, assim, melhor acompanhar o andamento do processo de instalação e operação, avaliar os processos, adotar os redirecionamentos necessários e verificar os resultados e os impactos obtidos (SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA, 2010)”.

No mais, quanto a nomenclatura dada, segundo Videira *et al.* (2010) e Pope *et al.* (2017), o termo ‘avaliação de sustentabilidade’, pode ser utilizado para se referir a processos e técnicas

de avaliação, bem como aqueles que são processos ante prospectivos que visam prever os efeitos potenciais de uma atividade antes da sua implementação. De acordo com Pope *et al.* (2017), uma ‘avaliação de sustentabilidade’ compreende em seu quadro: o contexto de planejamento, o processo e os métodos, com cada dimensão influenciando as outras.

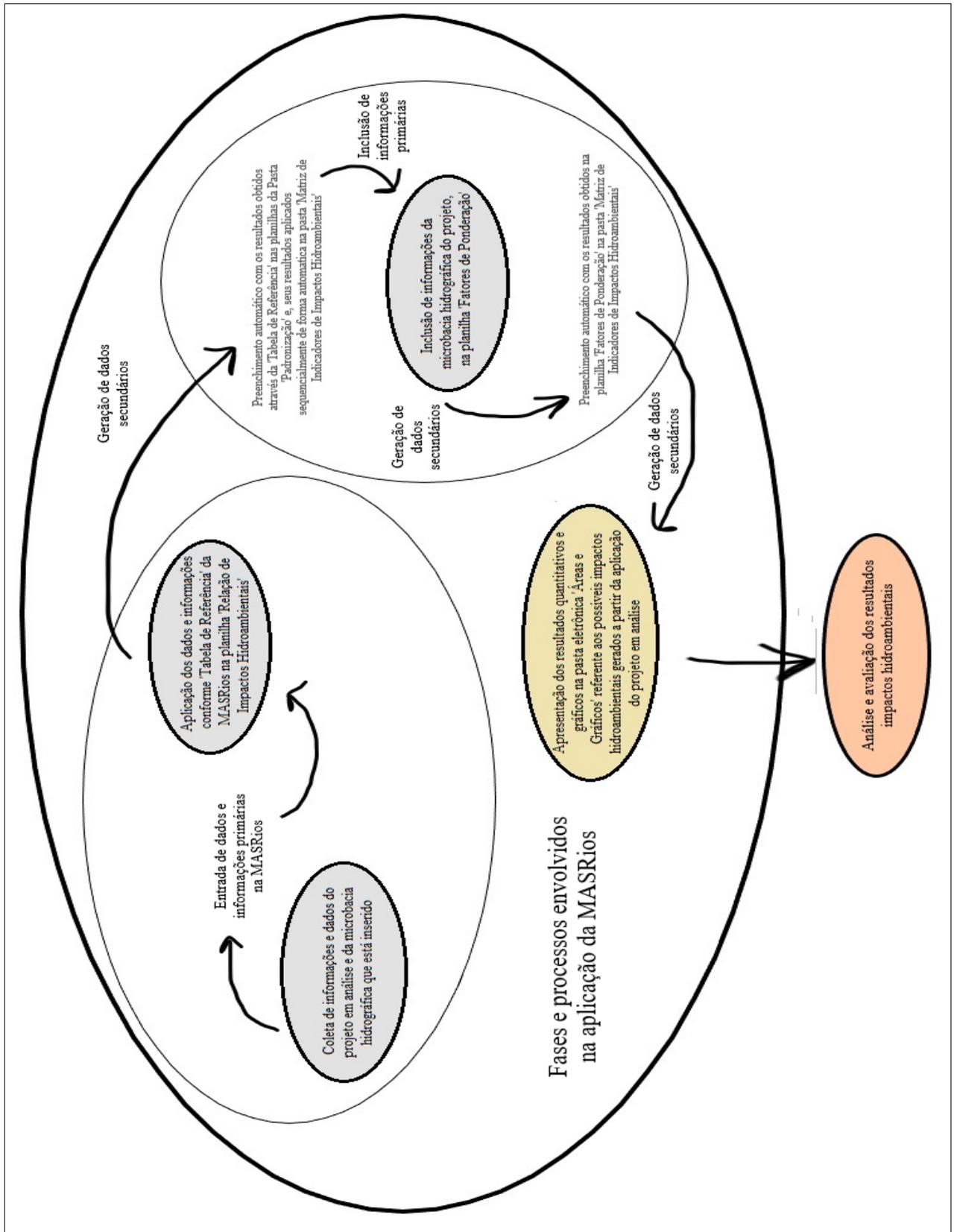
4.6.2 Estrutura e apresentação gráfica da MASRios

A MASRios tem sua estrutura organizada a partir de processos de análise faseados, integrados para auxiliar a interpretação e a avaliação sinérgica dos possíveis impactos hidroambientais proporcionados pela aplicação de determinado projeto estrutural em um sistema fluvial de pequenos e médios rios do tipo perene (Figura 6). Essas etapas são descritas e dispostas sequencialmente e integradamente em planilha eletrônica para facilitação de sua aplicação, desenvolvimento e apresentação quantitativa e qualitativa (numérica e gráfica) dos resultados.

Desse modo, sendo a base da MASRios, a utilização de indicadores de impactos hidroambientais, destaca-se que quando de ordem ambiental, estes são determinados por variáveis ambientais, as quais são elementos da natureza definidos, diante de sua significância relacional na realização de obras de intervenções em cursos d’água, os quais compõem, interferem e se interrelacionam no espaço da bacia hidrográfica, são eles: água, clima, solo, geomorfologia e biota. Cada um desses elementos possui particularidades, características e dinâmicas que interagem e coexistem no sistema ambiental.

Além disso, dado o importante papel desempenhado pelos diferentes agentes sociais presentes na bacia hidrográfica, entende-se que as ações de produção social devem ser consideradas e mensuradas. Logo, foram incorporadas à MASRios, as variáveis sociais de uso e ocupação do solo e as atividades sociais existentes neste espaço geográfico conforme definição dos indicadores de impactos sociais. Quanto às variáveis econômicas, estas são determinadas a partir dos indicadores de impactos econômicos, o qual considera a possibilidade de alocação e gestão mais efetivas de recursos e por um fluxo regular do investimento público e privado nos quais a eficiência econômica deve ser avaliada.

Figura 6 - Fases e processos envolvidos no desenvolvimento e aplicação da MASRios.



Fonte: A autora

A partir das definições estabelecidas para a metodologia, os impactos pré e pós de aplicação do projeto são qualiquantificados a partir da planilha eletrônica de ‘Relação de Impactos Hidroambientais’ e, características da geomorfologia fluvial da área em estudo (área da bacia, comprimento do curso d’água e comprimento do trecho do curso d’água objeto de intervenção), são aplicadas posteriormente em planilha específica ‘Fatores de ponderação de abrangência espacial do impacto’, considerando as Equações 10 e 11, descritas no item *metodologia de trabalho*, para conhecimento dos fatores de ponderação referente à escala espacial do impacto de cada subindicador (Quadro 20).

Quadro 20 – Exemplo de planilha como os elementos componentes dos ‘Fatores de ponderação de abrangência espacial do impacto’

Área da bacia hidrográfica (km ²)	Cumprimento do curso d’água (km)	Cumprimento do trecho objeto de intervenção (km)	Fator de ponderação de abrangência espacial do impacto para o trecho do curso d’água (x)	Fator de ponderação de abrangência espacial do impacto para bacia hidrográfica (y)
4,81	4,38	4,27	0,39	9,61

Fonte: A autora

Sendo assim, os valores identificados são aplicados automaticamente na pasta ‘Matriz dos Indicadores de Impactos Hidroambientais’ e, os seus respectivos resultados são programados para efetuar o autopreenchimento das planilhas contidas na pasta ‘Áreas e gráficos’; obtendo-se assim, os valores relativos à quantificação da relação sinérgica de cada grupo de impacto temático a partir da área total do polígono de impacto e, a representação de seus gráficos correspondentes. Para isto, foram aplicados valores experimentais para apresentação numérica e gráfica de resultados como mostram os exemplos dos Quadros 21 a 23, as Tabelas 3 a 5 e, as Figuras 7 a 9.

Quadro 21 - Layout da planilha automática de pesos para ‘Matriz dos indicadores de impactos hidroambientais’ dos indicadores de impactos ambientais.

Indicadores de Impactos Ambientais				Hidromorfológico			Biodiversidade			Averiguação dos fatores de ponderação	
Fatores de ponderação (K)				AMB1A	AMB2A	AMB3A	AMB1B	AMB2B	AMB3B	0,335	
				0,192	0,166	0,159	0,155	0,155	0,173		
Valores dos Impactos na microbacia	Trecho (x)	Pré	0,39	0,202	0,130	0,156	0,132	0,132	0,147		
		Pós		0,183	0,130	0,354	0,147	0,147	0,165		
	Bacia hidrográfica (y)	Pré	9,61								
		Pós									
Resultado do impacto				0,019	0,000	-0,199	-0,016	-0,016	-0,018	-0,23	

Fonte: A autora

Quadro 22 - Layout da planilha automática de pesos para ‘Matriz dos indicadores de impactos hidroambientais’ dos Indicadores de impactos sociais.

Indicadores de Impactos Sociais				Saneamento				Uso e ocupação do solo			Averiguação dos fatores de ponderação	
Fatores de ponderação (K)				SOC1A	SOC2A	SOC3A	SOC4A	SOC1B	SOC2B	SOC3B	0,358	
				0,161	0,135	0,147	0,142	0,135	0,151	0,130		
Valores dos Impactos na microbacia	Trecho (x)	Pré	0,39									
		Pós										
	Bacia hidrográfica (y)	Pré	9,61	2,063	1,715	1,884	5,472	1,980	1,889	1,232		
		Pós		2,063	1,715	1,884	5,472	1,980	1,864	1,232		
Resultado do impacto				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,000		0,02

Fonte: A autora

Quadro 23 - Layout da planilha automática de pesos para ‘Matriz dos indicadores de impactos hidroambientais’ dos indicadores de impactos econômicos.

Indicadores de Impactos Econômicos				Valor da água		Projetos de intervenções fluviais			Averiguação dos fatores de ponderação
Fatores de ponderação (K)				ECN1A	ECN2A	ECN1B	ECN2B	ECN3B	0,307
				0,240	0,204	0,189	0,202	0,165	
Valores dos Impactos na microbacia	Trecho (x)	Pré	0,39	-0,013			-0,055	-0,081	
		Pós		-0,006			-0,022	-0,081	
	Bacia hidrográfica (y)	Pré	9,61		2,934	0,647			
		Pós			2,934	-1,907			
Resultado do impacto				-0,007	0,000	0,000	-0,033	0,000	-0,04

Fonte: A autora

Tabela 3 - Layout da planilha automática ‘Áreas e gráficos’ com resultados em áreas totais do polígono referente aos impactos ambientais.

AMBIENTAL		AMB1A	AMB2A	AMB3A	AMB1B	AMB2B	AMB3B
dn	Pré	0,1774	0,1446	0,1451	0,1315	0,1401	0,1810
	Pós	0,1628	0,2241	0,3082	0,1472	0,1568	0,1744
	Impacto	0,0195	0,1985	0,1911	0,0157	0,0167	0,0321
Pn	Pré	0,2548	0,2153	0,2163	0,1973	0,2095	0,2652
	Pós	0,2378	0,3543	0,4049	0,2209	0,2345	0,2610
	Impacto	0,0195	0,0000	-0,0115	-0,0079	-0,0083	0,0170
Sn	Pré	0,0114	0,0088	0,0089	0,0075	0,0084	0,0129
	Pós	0,0103	0,0000	0,0226	0,0094	0,0105	0,0130
	Impacto	0,0000	0,0000	0,0014	0,0001	0,0001	0,0001
Área total	Pré	0,0578					
	Pós	0,0658					
	Impacto	-0,0080					

Fonte: A autora

Tabela 4 - Layout da planilha automática 'Áreas e gráficos' com resultados em áreas totais do polígono referente aos impactos sociais.

SOCIAL		SOC1A	SOC2A	SOC3A	SOC4A	SOC1B	SOC2B	SOC3B
dn	Pré	1,6680	1,5683	4,5418	4,5106	1,6796	1,4772	1,6131
	Pós	1,6680	1,5683	4,5418	4,5106	1,6702	1,4587	1,6131
	Impacto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0245	0,0245	0,0000
Pn	Pré	2,7229	2,5837	5,9489	5,9810	2,7740	2,2991	2,4541
	Pós	2,7229	2,5837	5,9489	5,9810	2,7571	2,2776	2,4541
	Impacto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0245	0,0245	0,0000
Sn	Pré	1,3824	1,2627	4,0289	4,2328	1,4611	0,9095	0,9933
	Pós	1,3824	1,2627	4,0289	4,2328	1,4422	0,8977	0,9933
	Impacto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Área total	Pré	14,2707						
	Pós	14,2399						
	Impacto	0,0307						

Fonte: A autora

Tabela 5 - Layout da planilha automática 'Áreas e gráficos' com resultados em áreas totais do polígono referente aos impactos econômicos.

ECONÔMICO		ECN1A	ECN2A	ECN1B	ECN2B	ECN3B
dn	Pré	2,9376	2,8017	0,6659	0,0822	0,0777
	Pós	2,9356	3,9631	1,9002	0,0768	0,0790
	Impacto	0,0066	0,0000	0,0330	0,0330	0,0066
Pn	Pré	2,9293	3,1912	0,6291	-0,0265	-0,0078
	Pós	2,9315	2,4950	-0,0141	-0,0128	-0,0039
	Impacto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sn	Pré	0,0177	0,9023	0,0168	0,0021	0,0005
	Pós	0,0085	2,6594	0,0196	0,0008	0,0002
	Impacto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Área total	Pré	0,9394				
	Pós	2,6886				
	Impacto	-1,7493				

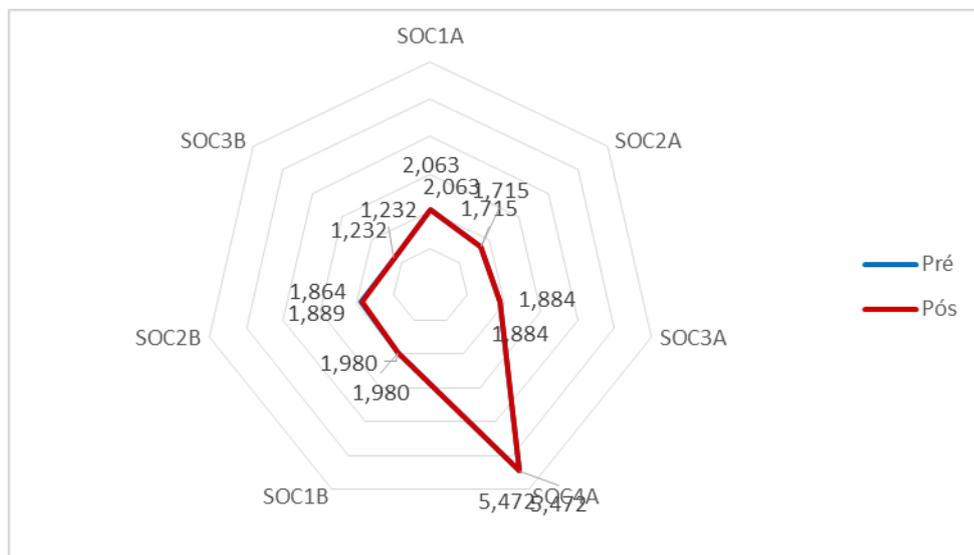
Fonte: A autora

Figura 7 - Gráfico gerado a partir da planilha eletrônica 'Áreas e gráficos' referente aos resultados dos impactos ambientais.



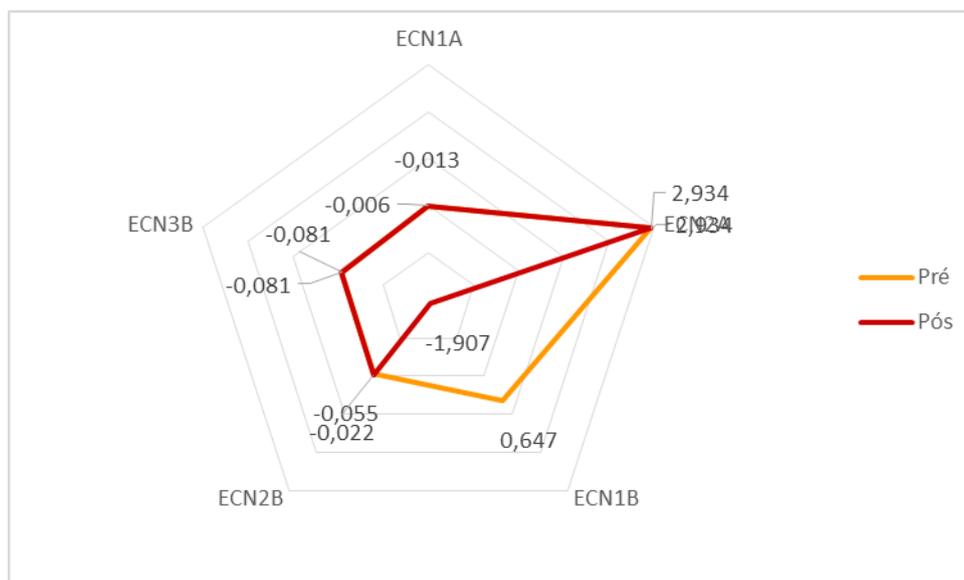
Fonte: A autora

Figura 8 - Gráfico gerado a partir da planilha eletrônica 'Áreas e gráficos' referente aos resultados dos impactos sociais.



Fonte: A autora

Figura 9 - Gráfico gerado a partir da planilha eletrônica ‘Áreas e gráficos’ referente aos resultados dos impactos econômicos.



Fonte: A autora

A aplicação dos valores dos resultados do total dos impactos hidroambientais na matriz dos indicadores apresentada, permite que a estes valores sejam atribuídos pesos relativos à sua significância. Para isto, são considerados o peso de cada subindicador e o peso do fator de ponderação (k) da significância da intervenção em análise (x), perante a área da bacia (y).

Compreende-se então que os valores resultantes dessa programação são específicos para cada tipo de projeto e bacia hidrográfica, uma vez que, para cada caso em análise, os subindicadores e os pesos dos fatores de ponderação (k) são alterados a partir de características da bacia e do projeto em análise.

Desse modo, ao se identificar a área do polígono formada por cada conjunto composto pelos indicadores temáticos e demonstrar graficamente os resultados obtidos, observa-se que os valores da relação de impacto de cada subindicador temático quando normalizados e transformados em áreas, torna a escala de análise do grupo temático uniforme e comum a todos os valores. Esta integração permite então, a possibilidade de interpretação da sinergia entres os diversos fatores envolvidos e impactos provocados pelo projeto em questão.

4.7 Considerações finais

A Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios), por estar embasada na abordagem da dinâmica hierárquica de trechos e no emprego de indicadores e subindicadores de impactos hidroambientais, proporciona a interpretação da sinergia entre os diversos fatores envolvidos e impactos provocados por esses tipos de projetos.

Assim, a partir do entendimento mais amplo das relações que se configuram em um determinado espaço e, a elaboração de medidas de gestão que considerem este cenário mais amplo e que atuem de modo mais abrangente no espaço em questão, a metodologia auxilia na Avaliação de Impacto Ambiental não apenas de forma pontual, mas considerando os impactos hidroambientais na escala espacial do trecho e na escala da bacia hidrográfica.

Desse modo, ao utilizar além da ponderação de cada subindicador, fatores de ponderação para cada tipo de indicador considerando a sua escala espacial de impacto, a metodologia aplica valores diferenciados específicos para cada bacia hidrográfica e projeto em observação. Logo, origina ponderações referentes às condições particulares de cada projeto e de seu ambiente de desenvolvimento.

O seu modelo de procedimento e apresentação de resultados oferece ao(s) profissional (is) responsável(is) pela avaliação do projeto, a oportunidade de observar a complexidade dos fatores envolvidos no processo e de efetuar a análise de forma comparativa, integrada, e principalmente, a interpretação de maneira multidisciplinar. Em vista disso, a metodologia pode direcionar, a partir dos pontos mais críticos identificados, a orientação para a definição de exigências, aplicação de medidas de mitigação e de prevenção, assim como o monitoramento de determinadas ações.

Portanto, diante dos pontos citados, entende-se que a MASRios possui os seguintes objetivos:

1. Identificar e qualiquantificar as condições ambientais do sistema fluvial objeto de proposta de intervenção;
2. Contemplar alternativas tecnológicas e de localização de projeto de restabelecimento de rios em áreas urbanas, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;
3. Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação do projeto;

4. Avaliar o projeto proposto de forma integrada às medidas estruturais e não estruturais na bacia hidrográfica do curso d'água objeto de intervenção, de acordo com as políticas, planos e programas;
5. Possibilitar que as demandas ambientais e sociais sejam devidamente tratadas em consonância às questões econômicas;
6. Prognosticar os possíveis impactos das ações geradas pela implantação do projeto de intervenção e, a partir disso, nortear as ações necessárias à implementação de medidas de mitigação e compensação ambiental.

Além disso, destaca-se que as equações e processos matemáticos envolvidos em sua estruturação, foram então organizados e inseridos em planilhas eletrônicas para simplificação da aplicação de dados e informações e, posterior obtenção de resultados para AIA. Assim, sua estrutura admite que os valores da condição inicial de cada ambiente fluvial e de sua bacia, sejam tomadas como valores de referência já que, a intervenção no curso d'água proposta, deve promover alterações nas condições ambientais, sociais e econômicas existentes.

Por fim, julga-se então que a MASRios pode ser uma ferramenta de gestão ambiental com utilidade significativa, pois possui simples aplicação, fácil compreensão e custo viável, devendo ser aplicada exclusivamente em projetos que não necessitam de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (Rima), conforme determinação da legislação ambiental brasileira vigente e entendimento de seus órgãos ambientais. E, mesmo que constituída, esta metodologia pode ainda receber contribuições para o seu aprimoramento, já que, a mesma possui variáveis, pesos e ponderações passíveis de alterações.

5 AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE HIDROAMBIENTAL DE INTERVENÇÕES EM RIOS PERENES: VALIDAÇÃO A PARTIR DA APLICAÇÃO EM PROJETOS DE OBRAS EM CURSOS D'ÁGUA

5.1 Resumo

Para avaliar a viabilidade ambiental de intervenções estruturais em ambientes fluviais, a escolha pela utilização por metodologias específicas baseadas em indicadores de sustentabilidade, podem ser ferramentas úteis ao embasamento técnico da análise do licenciamento ambiental. Neste sentido, este trabalho tem como finalidade analisar a eficiência da aplicação da Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para Intervenções em Rios Perenes (MASRios) no processo de avaliação dos impactos hidroambientais provocados por projetos de intervenções em cursos d'água perenes de pequena e média escala geográfica. Para isto, a pesquisa fundamenta-se em revisão bibliográfica e pesquisa documental, sendo aplicadas informações e dados de 03 (três) estudos de casos oriundos de projetos de obras estruturais em pequenos e médios cursos d'água perenes, que foram objetos de licenciamento ambiental no órgão ambiental estadual de Pernambuco, a Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH), entre os anos de 2011 e 2017. Desse modo, a partir dos resultados obtidos, são apresentados valores numéricos e gráficos demonstrando a capacidade de integração entre os impactos hidroambientais analisados e a sua concordância técnica para subsídios da avaliação de sustentabilidade.

Palavras-chave: Impacto ambiental. Indicadores de sustentabilidade. Avaliação de impacto hidroambiental. Licenciamento ambiental. Viabilidade ambiental.

Abstract:

In order to evaluate the environmental feasibility of structural interventions in river environments, the choice of using specific methodologies based on sustainability indicators can be useful tools to the technical basis of environmental licensing analysis. In this sense, this work aims to analyze the efficiency of the application of the Methodology for the Evaluation of Hydro-environmental Sustainability for Interventions in Perennial Rivers (MASRios) in the process of evaluation of the hydro-environmental impacts provoked by projects of interventions in small and medium perennial watercourses geographical scale. For this, the research is based on bibliographic review and documentary research, applying information and data from 03 (three) case studies from structural works projects in small and medium perennial water courses, which were objects of environmental licensing in the state environmental agency of Pernambuco, the State Environmental Agency of Pernambuco (CPRH), between the years 2011 and 2017. Thus, from the results obtained, numerical and graphical values are presented demonstrating the

integration capacity between impacts analyzed and their technical agreement for sustainability assessment subsidies.

Keywords: Environmental impact. Sustainability indicators. Impact assessment. Environmental licensing. Environmental feasibility.

5.2 Introdução

Os rios desempenham um papel vital na sociedade humana, fornecendo água para abastecimento público e industrial, apoiando a agricultura, necessidades municipais, geração de energia, navegação e recreação, entre outros (WANG *et al.*, 2018). Contudo, essas utilizações geralmente são promovidas através de intervenções (barragens, dragagens, revestimentos, retificações, como também, o lançamento de efluentes e a ocupação desordenada) que, por sua vez, provocam diversos impactos ambientais para o ambiente fluvial.

Segundo Silva (2004), a intervenção no curso do rio, por vezes, é um procedimento obrigatório frente às exigências para atender as necessidades básicas do homem. No entanto, “(...) a degradação desses corpos hídricos e os seus respectivos impactos negativos sobre a população e o meio ambiente têm despertado o reconhecimento da importância de se preservar os sistemas naturais remanescentes e mitigar e recuperar os ambientes degradados” (CARDOSO & BAPTISTA, 2011; MACEDO *et al.*, 2011).

Conforme Bragatto *et al.* (2012), a degradação ambiental é um processo complexo e requer medidas de gestão e controle que passam por ações e soluções integradas de gestão ambiental, a fim de minimizar os eventuais impactos ambientais. E, como destaca Vieira e Studart (2009), no intuito de dar suporte a uma política de gestão integrada e uso racional dos recursos hídricos, de forma a garantir um desenvolvimento sustentável, é imprescindível a aplicação de ferramentas capazes de medir o desempenho dos sistemas hídricos e ambientais.

Assim, de acordo com Gregory (1992), a gestão ambiental deve estar preocupada com o futuro, podendo ser encarada em três níveis de definição crescente, que podem ser definidos como: o que acontecerá em termos de impacto; qual a intensidade que acontecerá e quando – o que será a essência da predição; e por fim, como poderia o meio ambiente ser modelado, que é a finalidade do planejamento. Westman (1983) e Cremonez *et. al* (2014) citam que este processo faseado deve ser cíclico, não linear, sendo preciso passar por sucessivas análises, sendo introduzidas realimentações cada vez mais detalhadas.

Nesta perspectiva, “(...) a natureza coletiva do meio ambiente impõe ao Poder Público o dever de orientar o uso dos recursos naturais em níveis tais que seja mantida a capacidade

produtiva dos diferentes sistemas e compartimentos ambientais. Em outras palavras, significa que o Estado tem a prerrogativa de avaliar as propostas de intervenção no meio e estabelecer as condições para que estas se tornem ambientalmente viáveis” (MONTAÑO & SOUZA, 2008), visto que, “no âmbito das ações de Estado, uma das maneiras de demonstrar a incorporação dos limites relacionados à capacidade de suporte do meio e do desenvolvimento sustentável remete à avaliação prévia da viabilidade ambiental das ações propostas através do instrumento de licenciamento ambiental” (MONTAÑO & SOUZA, 2008; SANDOVAL & CERRI, 2009).

Assim, o licenciamento ambiental como um instrumento preventivo da gestão pública ambiental, “(...) está vinculado à existência de instrumentos que atuem de modo complementar durante o processo de tomada de decisão – que garantam desde a fundamentação técnica da decisão propriamente dita até a sua sustentação jurídico-institucional” (MONTAÑO & SOUZA, 2008; VIEGAS, 2009).

No Brasil, instituído pela Política Nacional de Meio Ambiental através da Lei Federal nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981, este instrumento constituiu-se como “(...) um procedimento de avaliar as possibilidades de compatibilização entre os impactos ambientais adversos e as restrições e/ou capacidade de suporte dos recursos ambientais envolvidos, sob a perspectiva da sustentabilidade de desenvolvimento de uma determinada região” (AGRA FILHO, 2016). Entretanto, ressalta-se que nele, “a limitação da avaliação individual dos projetos e os efeitos potencializados dos impactos ambientais intersetoriais têm levado a necessidade de avaliar o impacto ambiental dentro de uma visão integradora tanto no espaço como intersetorial visando a prevenção e a mitigação dos impactos” (TUCCI & MENDES, 2006).

Desse modo, para avaliar a viabilidade ambiental das intervenções em ambientes fluviais, a escolha pela utilização por metodologias específicas baseadas em indicadores de sustentabilidade, podem ser ferramentas úteis ao embasamento técnico da análise do licenciamento ambiental desses projetos uma vez que, como citam Xu *et al.* (2005), Fortini *et al.* (2006), Silva *et al.* (2010) e Pires *et al.* (2016), indicadores de sustentabilidade são empregados como informações em estudos ambientais, facilitando a compreensão sobre fenômenos complexos, fundamentando a análise do desenvolvimento que abrange as diversas dimensões (econômicas, sociais, culturais, geográficas e ambientais), permitindo verificar os impactos provocados pelas ações humanas ao ambiente.

Conforme defende Campos *et al.* (2014), por cada bacia possuir características particulares, a avaliação tem como necessidade, ter grupos de indicadores que traduzam sua realidade, que sejam bem definidos e, que possam sofrer algumas alterações e/ou adequações

para cada situação em análise. Contudo, como cita Shakib-Manesh *et al.* (2014), os impactos ambientais de projetos em pequena escala geralmente não são mal avaliados ou de alguma forma não são avaliados.

Neste sentido, observando a dinâmica e complexidade do sistema fluvial, o processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e, a utilização de ferramentas para mensurar a viabilidade ambiental para aplicação de um determinado projeto em um curso d'água, este trabalho propõe-se aplicar a Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para Intervenções em Rios Perenes (MASRios), a fim de demonstrar na fase de análise preliminar à instalação do projeto em pequena e média escala, os resultados e a eficiência teórica desta metodologia elaborada a partir da utilização de indicadores de impactos hidroambientais específicos para estes tipos de projetos.

A MASRio trata-se de uma metodologia para avaliação quali-quantitativa dos possíveis impactos hidroambientais provocados pela instalação de um determinado projeto em pequenos e médios cursos d'água de regime perene, fundamentada a partir da utilização de indicadores do tipo de desempenho, os quais se propõe avaliar a eficácia do projeto e, o progresso do sistema fluvial em resposta às intervenções efetuadas, através da medição da distância do estado do sistema às metas ou aos valores alvo.

Para isto, a pesquisa utiliza-se do método de pesquisa do tipo estudo de caso para testar a eficiência e aplicabilidade deste Metodologia fundamentando-se a partir de pesquisa bibliográfica, documental e de campo, tendo como objetos de estudo, 03 (três) processos de projetos de intervenções em pequenos e médios cursos d'água perenes (barragem, retificação e requalificação fluvial), submetidos ao licenciamento ambiental no órgão ambiental estadual de Pernambuco, a Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH), entre os anos de 2011 e 2017.

5.3 Metodologias de Avaliação de Impacto Ambiental e o uso de Indicadores de Sustentabilidade

A 'metodologia' é uma preocupação fundamental do processo de pesquisa, que trata das formas de se fazer ciência utilizando procedimentos, ferramentas e caminhos para alcançar um determinado objetivo. Segundo Gerhardt & Silveira (2009), a metodologia vai além da descrição dos procedimentos (métodos e técnicas a serem utilizados na pesquisa), indica também a escolha teórica realizada pelo pesquisador para abordar o objeto de estudo e buscar resultados.

No caso dos métodos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), estas são conhecidas enquanto processo de avaliação dos efeitos ambientais, econômicos e sociais, que podem ocorrer a partir da implantação de atividades antrópicas e funcionam como instrumentos de monitoramento e controle desses efeitos por parte do poder público e da sociedade. A AIA com o auxílio das metodologias, “(...) permite identificar problemas na etapa inicial do ciclo de um projeto; introduz melhorias ambientais no projeto; evita, mitiga, e compensa os efeitos adversos do projeto” (CETESB, 2014).

Sánchez (2013) e Porciuncula (2014) citam que, dentre as metodologias mais conhecidas e utilizadas nos estudos de AIA estão: Ad-hoc, Lista de verificação (Checklists), Matrizes, Redes de interação, Superposição de cartas, Explicitação de valores e Modelos de simulação de cenários. Entretanto, ressalva-se que cada metodologia possui em suas particularidades, direcionamentos para aplicações diferenciadas, podendo assim, apresentar vantagens em comparação à finalidade do objeto de estudo ambiental e resultados esperados, como mostram os Quadros 24 e 25 a seguir:

Quadro 24 - Objetivos e aplicações dos métodos de Avaliação de Impacto Ambiental AIA.

Métodos de AIA	Objetivos	Aplicações
Ad-hoc	Deve desenvolver a AIA (Avaliação de Impacto Ambiental) de forma simples, de fácil interpretação e de maneira dissertativa.	Consiste na formação de grupos de trabalho multidisciplinares com profissionais qualificados em diferentes áreas de atuação, apresentando suas impressões baseadas na experiência para elaboração de um relatório que deve relacionar o projeto a ser implantado com seus possíveis impactos causados.
Lista de verificação (Checklists)	Deve desenvolver a AIA (Avaliação de Impacto Ambiental) de forma simples, de fácil interpretação e de maneira dissertativa.	Consiste na formação de grupos de trabalho multidisciplinares com profissionais qualificados em diferentes áreas de atuação, apresentando suas impressões baseadas na experiência para elaboração de um relatório que irá relacionar o projeto a ser implantado com seus possíveis impactos causados.
Matrizes	Identificar as interações possíveis entre os componentes do projeto e os elementos do meio ambiente.	Listagem de controle bidimensional que relaciona os fatores com as ações. São projetadas com o intuito de avaliar os impactos associados a quase todos os tipos de implantação de projetos.
Redes de interação	Estabelecem relações do tipo causas-condições-efeitos, permitindo retratar, a partir do impacto inicial, o conjunto de ações que desencadeou direta ou indiretamente.	Visa o estabelecimento de uma sequência de impactos ambientais provenientes de determinada intervenção, representando-os utilizando gráficos. As mesmas podem ainda ser utilizadas para orientar as medidas a serem propostas para a minimização dos impactos observados.
Superposição de cartas	Confecção de uma série de cartas temáticas (normalmente elaboradas com o uso de programas de geoprocessamento), uma para cada fator ambiental, onde se apresentam os dados organizados em categoria. Indicado para complementar outra metodologia de AIA.	Procura-se adaptar as técnicas cartográficas para aplicá-las na avaliação de impactos ambientais, visando à localização e a identificação da extensão dos efeitos sobre o meio através do uso de fotografias aéreas sobrepostas.
Explicitação de valores	Trabalham com a associação de números e valores para as considerações avaliadas qualitativamente, sendo formulados no período de avaliação de impacto ambiental de um determinado projeto.	Utiliza indicadores de qualidade ambiental expressos por gráficos que relacionam o estado de determinados compartimentos ou segmentos ambientais a seu respectivo estado de qualidade que varia de 0 a 1.
Modelos de simulação de cenários	Constituído por modelos matemáticos destinados a representar a estrutura e o funcionamento dos sistemas ambientais através de relações complexas entre componentes quantitativos ou qualitativos, físicos, biológicos ou socioeconômicos, a partir de um conjunto de hipótese ou pressupostos.	É um método de grande utilidade em projetos de usos múltiplos e pode ser aplicado mesmo depois de se ter dado início as operações de um projeto. Este método requer profissionais técnicos e experientes, bem como exige programas e o emprego de equipamentos apropriados e dispendiosos.

Fonte: A autora

Quadro 25 - Vantagens e desvantagens dos métodos de Avaliação de Impacto Ambiental AIA.

Métodos de AIA	Vantagens	Desvantagens
Ad-hoc	<ul style="list-style-type: none"> • São elaborados para cada projeto específico; • Adequada às situações com escassez de dados e quando a avaliação deve ser disponibilizada em um curto espaço de tempo; • Proporciona menores gastos; • É facilmente compreensível pelo público em geral. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exibe um alto grau de subjetividade visto que, considera a análise qualitativa e deixa de lado o caráter quantitativo da avaliação.
Lista de verificação (Checklists)	<ul style="list-style-type: none"> • Úteis para uma primeira aproximação à identificação dos impactos de um projeto específico; • Adequada às situações com escassez de dados e quando a avaliação deve ser disponibilizada em um curto espaço de tempo; • Proporciona menores gastos; • A apresentação da lista não satisfaz à comunicação dos resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lista genérica, não voltada para uma determinada categoria de projeto; • Exibe um alto grau de subjetividade visto que, considera a análise qualitativa e deixa de lado o caráter quantitativo da avaliação; • Geralmente necessita de correções ou adaptações; • Os impactos não são correlacionados às suas causas.
Matrizes	<ul style="list-style-type: none"> • Podem também ser introduzidas variáveis temporais e parâmetros que permitam a valoração dos impactos. • Identificação dos impactos diretos; • Comunicação dos resultados; • Muito importante em atividades que possam causar impactos de maior intensidade; • Permite uma fácil compreensão do público em geral; • Aborda fatores sociais; • Acomoda dados qualitativos e quantitativos; • Fornece boa orientação para a realização de estudos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apesar do nome sugerir um operador matemático, as matrizes têm esse nome somente devido à sua forma; • Representam o meio ambiente como um conjunto de compartimentos que não se interrelacionam; • Embora possam incorporar parâmetros de avaliação são meramente métodos de identificação; • Por não estabelecer o princípio da exclusão e tampouco relacionar os fatores segundo seus efeitos finais, um mesmo impacto pode estar em duplicidade; • Não há distinção dos efeitos a curto e médio prazos nem se prega atenção em certos pontos críticos do impacto ambiental; • Não há uma exibição clara da base matemática utilizada nos cálculos das escalas de pontuação de importância e magnitude; • Baixa eficiência na avaliação de impactos indiretos; • Não apresentação das características temporais e a dinâmica dos sistemas.

Métodos de AIA	Vantagens	Desvantagens
Redes de interação	<ul style="list-style-type: none"> • Podem ser associados parâmetros de valor (magnitude, importância e probabilidade), visando-se obter um índice global de impacto; • Identifica impactos indiretos e secundários de forma subsequente ao impacto principal; • São consideradas hábeis para a detecção de medidas mitigadoras; • Fácil entendimento dos impactos secundários e indiretos; • Possibilidade de introdução de parâmetros estatísticos, permitindo que se estimem futuras modificações possíveis; • Possibilidade de cruzamento de disciplinas, podendo analisar em uma mesma cadeia de impactos efeitos sobre a economia, fauna, água, dentre outros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil mensurar em unidades energéticas, aspectos como ruído, fatores estéticos, sociais, culturais, etc.; • Não detectam aspectos temporais, dinâmica do sistema e importância relativa dos impactos.
Superposição de cartas	<ul style="list-style-type: none"> • É útil para estudos que envolvem alternativas de localização e outras questões de dimensão espacial; • Produzem a síntese da situação ambiental de uma determinada área geográfica, podendo ser elaborados de acordo com os conceitos de vulnerabilidade ou potencial dos recursos ambientais; • Apresenta visualização espacial e geográfica dos fatores ambientais, tal como da extensão dos impactos; • Proporciona fácil comparação de alternativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Subjetividade dos resultados; • Limitação na quantificação dos impactos; • Difícil integração de impactos socioeconômicos; • Não considera a dinâmica dos sistemas ambientais; • Requerer alto custo para sua aplicação.
Explicitação de valores	<ul style="list-style-type: none"> • Método rápido para análises de impacto; • Favorável ao suprimento dos analistas com boas informações para caracterizar uma determinada situação ambiental; • Prever impactos; • Adequado para análises preliminares e na comparação entre as alternativas de um mesmo projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Subjetividade da metodologia; • Não considera o público afetado pelo processo, as inter-relações entre os fatores do ambiente e não específica a relação entre uma ação específica e seu respectivo impacto ambiental.
Modelos de simulação de cenários	<ul style="list-style-type: none"> • Em geral, essas simulações são capazes de processar variáveis qualitativas e quantitativas; • Incorporam medidas de magnitude e importância de impactos ambientais; • Adaptação a diferentes processos de decisão e facilita o envolvimento de vários fatores transformadores nestes processos; • Considera a dinâmica dos sistemas ambientais, as interações entre fatores e impactos e as variáveis temporais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer alto custo para sua aplicação; • Comumente se observam dificuldades quanto à comunicação e o entendimento do público; • Necessidade de dados precisos para a realização dos modelos.

Fonte: A autora

Porém, de acordo com Cremonez *et al.* (2014) a maioria dos métodos de AIA, apresentam caráter subjetivo na abordagem do meio físico e cada um possui uma aplicação determinada, o que necessitam que sejam utilizados critérios bem definidos para a sua escolha.

Ainda segundo o autor (2014), destaca-se que os mesmos têm contribuído muito pouco para aperfeiçoar a concepção dos projetos propostos e para a gestão ambiental como um todo, devido à falta de domínio de métodos e de conhecimento técnico-científico, imprescindíveis à avaliação de impacto ambiental, tanto por parte dos órgãos de meio ambiente quanto das equipes multidisciplinares contratadas pelo empreendedor para elaborá-los.

Portanto, compreende-se que a AIA, independente das atividades/empreendimentos degradadores/utilizadores dos recursos ambientais objeto de estudo, “(...) necessitam de instrumentos metodológicos para elaboração e embasamento de seus estudos ambientais para fundamentação da identificação, da análise e da avaliação dos impactos ambientais decorrentes das intervenções antrópicas realizadas, defende-se que as metodologias ao serem desenvolvidas, devem reduzir através de uma abordagem colaborativa entre profissionais e acadêmicos, lacunas para melhorar a educação e a prática relacionadas à AIA” (LEUNG *et al.*, 2015; THAKUR & FISCHER, 2016).

A este respeito, quando empregada especialmente à intervenções nos sistemas fluviais, espera-se que as metodologias de AIA devam “(...) levar em consideração quatro conceitos fundamentais: uniformidade dos processos, limiares de mudança, evolução da paisagem e respostas complexas” (SOUZA, 2013), dos fatores envolvidos neste tipo de ambiente. Além disso, “(...) deve-se avaliar os critérios de seleção de indicadores, parâmetros de análises, os critérios de análise e participação da população local na gestão dos recursos hídricos no sentido de minimizar os efeitos negativos” (LACERDA & CÂNDIDO, 2013).

Van Bellen (2005), Kieckhöpper (2005), Rabelo & Lima (2007), Morin & Christodoulou (2012) e Carvalho *et al.* (2015) defendem que os Indicadores de Sustentabilidade são importantes instrumentos de comunicação quanto ao progresso em direção a uma meta de forma simples e objetiva o suficiente para retratarem o mais próximo de realidade, mas dando ênfase aos fenômenos que tenham ligação entre a ação humana e suas consequências. Segundo Campos *et al.* (2014), no geral os indicadores de sustentabilidade são utilizados como ferramenta padrão em diversos estudos nacionais e internacionais, facilitando a compreensão das informações sobre fenômenos complexos.

Assim, em se tratando dos recursos hídricos, ao empregá-los nas metodologias de avaliações de sustentabilidade, como as metodologias de AIA, torna-se comum a utilização de indicadores “(...) desenvolvidos a partir de uma perspectiva que apresenta uma conotação de correlação entres vários aspectos sociais, econômicos e ambientais e sua suposta relação com o recurso natural água, ou seja, corresponde a uma análise multidisciplinar tratando de vários

aspectos de inter-relacionamento entre parâmetros hídricos e ambientais” (CARVALHO *et al.*, 2015), como também direcionar às estratégias ambientais, de desenvolvimento econômico e de perspectivas sociais para o ambiente em estudos, a fim de mensurar e subsidiar o processo de decisão no âmbito da formulação de políticas públicas relacionadas a gestão da água.

5.4 A Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios)

Conforme já descrito no capítulo anterior, a Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios) trata-se de uma ferramenta desenvolvida para a identificação, predição e avaliação de projetos de intervenções em pequenos e médios cursos d’águas de regime hídrico perene (barragens, dragagem, retificações e projetos de restabelecimento de rios urbanos).

Contudo, apesar da complexidade dos elementos e fatores envolvidos na estruturação desta Metodologia, destaca-se que a mesma tem restrito seu campo de aplicação, aos projetos de instalação de barragens, dragagens, retificações e, projetos de reestabelecimento fluvial quando estes são planejados para cursos d’águas de pequenos e médios portes, conforme classificação hierárquica fluvial de Horton (1945) modificada por Strahler (1952).

Desse modo, a MASRios por se tratar de uma metodologia para avaliação quali-quantitativa dos possíveis impactos hidroambientais, diante da perspectiva da eficácia de um determinado projeto e o progresso do sistema fluvial em resposta às intervenções efetuadas, pode apresentar resultados para a medição da distância do estado do sistema às metas ou aos valores alvo da sustentabilidade hidroambiental estipulada para direcionamento de tomada de decisão por parte de técnicos e gestores.

5.5 Metodologia de trabalho

Este trabalho caracteriza-se como pesquisa do tipo qualitativa aplicada, a qual utiliza-se de procedimentos sequenciais de revisão bibliográfica, levantamentos documental e de campo e, aplicação de estudos de caso.

A utilização de estudos de caso é adotada como instrumento avaliativo da MASRios, a fim de efetuar uma análise comparativa através da aplicação de dados e informações obtidas a partir de projetos de intervenções de obras em pequenos e médios cursos d’água perenes (barragem, retificação e requalificação fluvial), submetidos ao processo de licenciamento ambiental no Brasil.

5.5.1 Identificação e caracterização geral dos estudos de caso

Foram selecionados pelo pesquisador-observador, considerando os tipos de obra e as informações e dados presentes nos estudos ambientais e documentos do processo de licenciamento ambiental, três projetos de intervenções de obras em pequenos e médios cursos d'água de regime hídrico perene, apresentados à CPRH, entre os anos de 2012 e 2017 (Quadro 26).

Quadro 26 - Processos de projetos de intervenções em pequenos e médios cursos d'água perenes submetidos ao licenciamento ambiental na CPRH, entre os anos de 2012 e 2017.

nº de identificação do Estudo de caso	nº do processo	Ano de origem	Tipo de projeto	Coordenadas geográficas do trecho de intervenção	Tipo de licença ambiental	Órgão de Origem
01	011794	2012	Requalificação fluvial	Ponto inicial: 08°00'23,41''S 34°53'05,94''O Ponto final: 07°59'10,40''S 34°54'09,02''O	Licença de instalação	CPRH
02	008598	2016	Requalificação fluvial	Ponto inicial: 8°19'52,68''S 35°02'02,21''O Ponto final: 08°00'23,41''S 35°01'33,20''O	Licença de instalação	CPRH
03	001733	2017	Retificação de curso d'água	Ponto inicial: 08°13'39,72''S 34°59'59,30''O Ponto final: 08°13'42,67''S 34°59'43,74''O	Licença de instalação	CPRH

Fonte: A autora

O estudo de caso nº 01 trata-se de um projeto denominado como de requalificação fluvial, que tem como objeto de intervenção o riacho Lava-tripas, curso d'água de 1ª ordem, afluente da bacia hidrográfica do rio Beberibe e, situado no município de Olinda (Figura 10). O riacho Lava-tripas possui 4,83 km de extensão, área de drenagem de 4,81 km² (GÓES & CIRILO, 2011) e é uma das áreas com maior densidade populacional do município, alto déficit da oferta de serviços de saneamento, áreas susceptíveis a alagamentos e deslizamento de barreiras, bem como,

presença intensa de habitações, principalmente, sob as margens deste riacho (Figuras 10, 11 e 12).

Figura 10 - Riacho Lava-tripas, afluente do rio Beberibe, Olinda – PE, com destaque para os pontos visitados

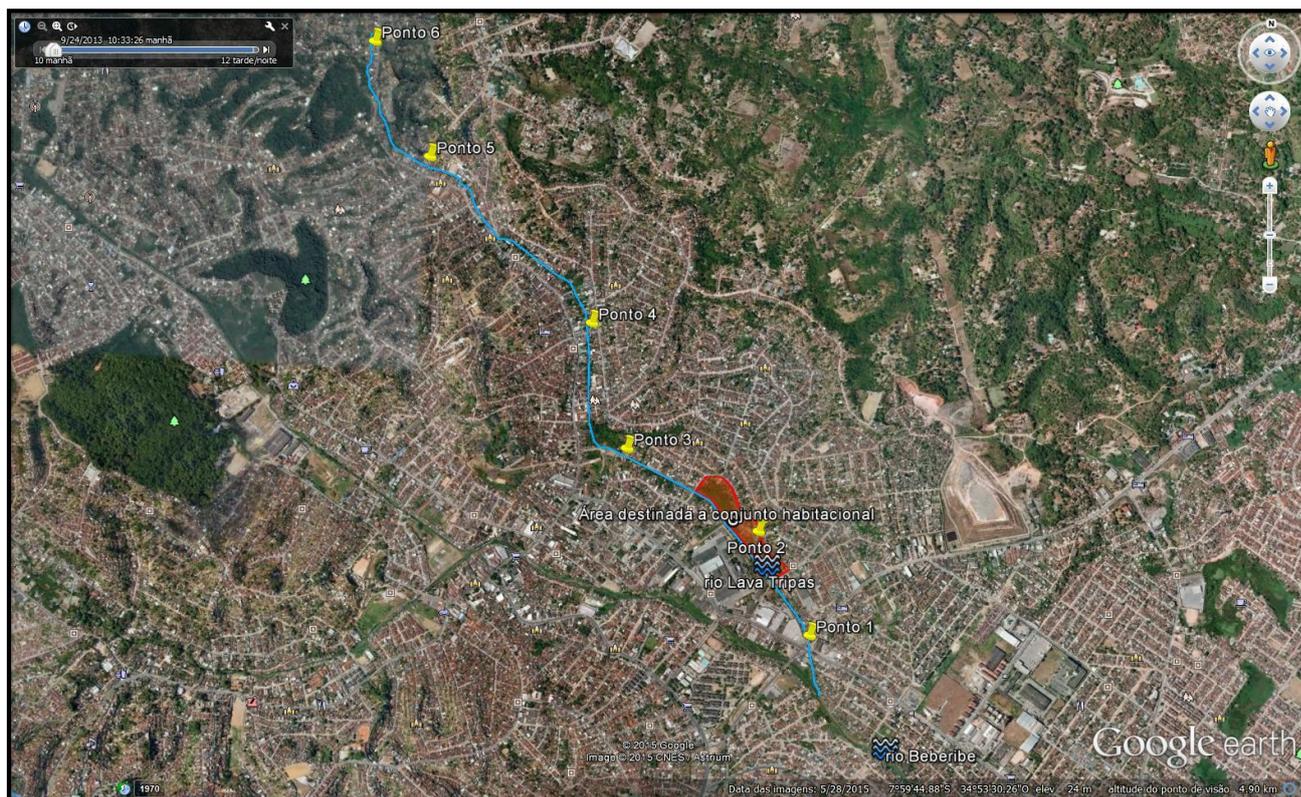


Figura 11 - Riacho Lava-tripas com ocupações urbanas sob suas margens em seu médio curso, localizado no bairro de Águas Compridas, Olinda, Pernambuco.



Fonte: A autora (2015).

Figura 12 - Riacho Lava-tripas com ocupações urbanas sob suas margens em seu médio curso, localizado no bairro de Águas Compridas, Olinda, Pernambuco.



Fonte: A autora (2015).

Neste caso, o projeto propõe promover melhorias na qualidade da água do curso d'água, de suas margens, na drenagem superficial e na qualidade de vida da população residente na bacia. Para isto o projeto prevê a execução de retificação com redimensionamento em 4,27 km

de extensão da calha do riacho, incluindo desassoreamento, escavação, aterro e revestimento; relocação de população ocupante de área de preservação permanente do curso d'água e de áreas de riscos; instalação de rede de coleta e tratamento de esgotamento sanitário, parque linear e de vias de acesso para população.

O estudo de caso nº 02, refere-se também de um projeto de requalificação fluvial porém, tendo como objeto de intervenção, o riacho Algoduais, curso d'água de 2ª ordem, afluente da bacia hidrográfica do rio Massangana e, situado no município do Cabo de Santo Agostinho. Segundo a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio ambiente do Estado de Pernambuco (SECTMA) (2006), o citado riacho possui extensão total de aproximadamente 10,0 km e 25,31 km² de área de drenagem. Em seu alto-curso situado exclusivamente na zona rural, apresenta seu leito natural assoreado e, em grande parte coberto por gramíneas; já em seu médio e baixo curso, este localiza-se na zona industrial da bacia hidrográfica e apresenta-se retificado e revestido (Figuras 13, 14 e 15).

Figura 13 – Riacho Algoduais com destaque para pontos estratégicos de intervenção propostos pelo projeto



Fonte: Google Earth (2017)

Figura 14 - Riacho Algodoads coberto por gramíneas em seu trecho na zona rural da bacia hidrográfica, localizado em Suape, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.



Fonte: A autora (2016)

Figura 15 - Riacho Algodoads interceptado por via de acesso rudimentar na zona rural da bacia hidrográfica localizado em Suape, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.



Fonte: A autora (2016)

Como intervenções, o projeto em análise propõe desenvolver exclusivamente no alto curso do riacho ao longo de 1,0 km de extensão, atividade de desassoreamento e

redimensionamento de calha; instalação de jardins filtrantes; recuperação de nascentes e reposição florestal da área de preservação permanente das margens, todas com a intenção de promover a melhoria da qualidade da água deste riacho, uma vez que o mesmo recebe ao longo de sua extensão, à jusante, na zona industrial da bacia, efluentes tratados oriundos das indústrias da localidade da bacia.

Quanto ao estudo de caso nº 03, trata-se de um projeto de retificação de um trecho do riacho Contra-açude, curso d'água de 2ª ordem, afluente da bacia hidrográfica do rio Jaboatão e, situado no município do Cabo de Santo Agostinho. A área total de sua bacia corresponde a 4,57 km², tendo o riacho aproximadamente 4,35 km de extensão, dos quais, 0,465 km são destinados à retificação para fins de beneficiamento imobiliário (Figuras 16 e 17).

Figura 16 - Riacho Contra-açude com aterro em área de margem para retificação de trecho de seu curso, localizado no bairro de Ponte dos Carvalhos, município do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.



Fonte: CPRH (2017)

Figura 17 - Riacho Contra-açude com calha natural sem obras intervenções, localizado no bairro de Ponte dos Carvalhos, município do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.



Fonte: CPRH (2017)

5.5.2 Aplicação da MASRios em estudos de caso

A aplicação da MASRios dar-se de forma faseada, dividida em 5 (cinco) etapas procedimentais a serem efetuadas pelo analista do projeto: (i) coleta de informações sobre a condição atual e pós do curso d'água, do projeto e de sua bacia hidrográfica; (ii) organização dessas informações; (iii) aplicação das informações na Metodologia e (iv) análise dos resultados obtidos.

Assim, através de pesquisas documental, bibliográfica e de campo realizadas no período de dezembro de 2016 a junho de 2018, foram obtidas as informações demandadas (Tabela 6), as quais foram organizadas conforme especificações dos subindicadores (Quadro 26) e, posteriormente inseridas na tabela localizada na pasta 'Relação de Impactos Hidroambientais' e na pasta 'Fatores de ponderação'.

Tabela 6 - Informações e dados referentes aos projetos em análise e suas respectivas bacias hidrográficas

Características do projeto			Projeto 01				Projeto 02				Projeto 03									
Indicadores	Subindicadores	Código	Pré-instalação		Pós-instalação		Pré-instalação		Pós-instalação		Pré-instalação		Pós-instalação							
			M ^e	J ^e	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J						
Hidrogeomorfológica	Qualidade de água	AMB1A	10	10	7	7	1	2	1	1	3	3	3	4						
	Vazão	AMB2A	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J						
			24	38	30	45	0,07	0,3	0,07	0,3	63,50	65	86,95	86,95						
	Morfometria fluvial	AMB3A	S	L	P	S	L	P	S	L	P	S	L	P						
			0,68	2,0	1,55	0,68	5,23	2,64	0,90	2,0	0,4	0,95	20,0	0,8	0,90	4,2	2,8	0,94	5,0	3,0
Biodiversidade	Composição e abundância da flora aquática	AMB1B	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J						
			1	1	2	2	2	2	1	1	3	3	3	3						
	Composição e abundância dos invertebrados bentônicos	AMB2B	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J						
			1	1	2	2	2	2	1	1	3	3	3	3						
Composição, abundância e estrutura da fauna piscícola	AMB3B	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J							
		1	1	1	1	2	2	1	1	3	3	3	3							
Saneamento	Esgotamento sanitário	SOC1A	B ⁷				B				B									
			15		50			95		95			95		95					
	Abastecimento de água	SOC2A	B				B				B									
			100		100			100		100			100		100					
Resíduos sólidos	SOC3A	B				B				B										
		90		95			95		95			95		95						
Drenagem urbana	SOC4A	B				B				B										
		25		50			30		30			50		50						
Uso e ocupação do solo	Ocupação urbana da microbacia hidrográfica	SOC1B	B				B				B									
			45		40			62		62			30		32					
	Áreas de preservação permanentes do curso d'água	SOC2B	B				B				B									
		90		60			90		94			5		5						
Densidade populacional ⁸	SOC3B	B				B				B										
		25		24,5			0,013		0,013			0,01		0,01						
Valor da água	Usos da água	ECN1A	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J						
			2	2	2	2	18	18	18	18	24	24	24	24						
Custo médio da água	ECN2A	B				B				B										
		8,65		8,65			41,30		41,30			41,30		41,30						
Valorização de imóveis	Controle de riscos	ECN1B	B				B				B									
			25		5			5		5			5		5					
	Integração urbanística	ECN2B	B				B				B									
		0		24			10		16			10		10						
Infraestrutura	ECN3B	B				B				B										
		0		2			0		2			0		0						

Fonte: A autora

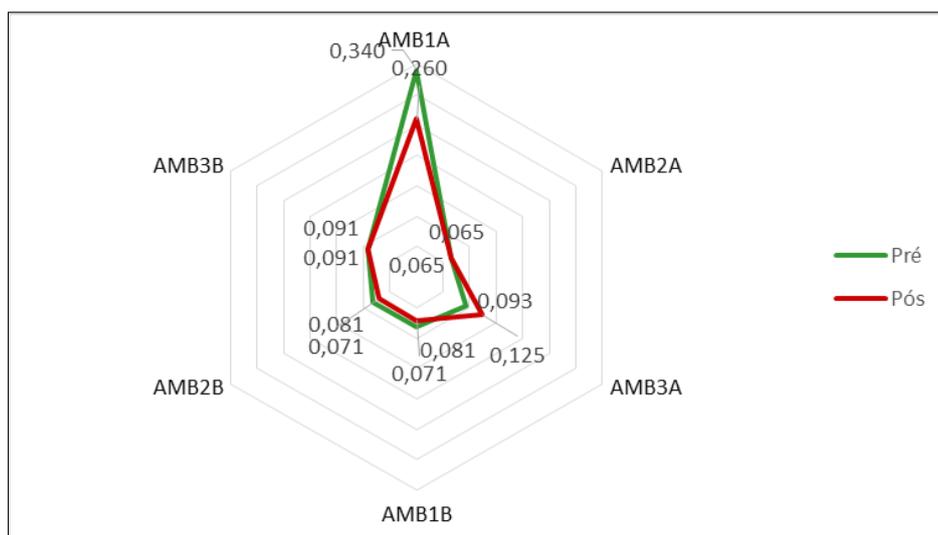
5.6 Resultados e discussão

A partir dos resultados obtidos pelo emprego da MASRios, demonstra-se graficamente a relação entre os possíveis grupos de impactos hidroambientais para cada estudo de caso em análise, tendo, como estado inicial comparativo, a condição atual do curso d'água e de sua bacia hidrográfica.

No estudo de caso nº 01, verifica-se, através da Figura 18, que na situação de pós-instalação do projeto, o ambiente deve receber basicamente, impactos negativos mais significativos sobre a Morfometria fluvial, referente ao subindicador AMB3A. Entretanto,

quando observado os demais subindicadores, pode-se interpretar que o conjunto dos benefícios ambientais se sobrepõe a este impacto negativo.

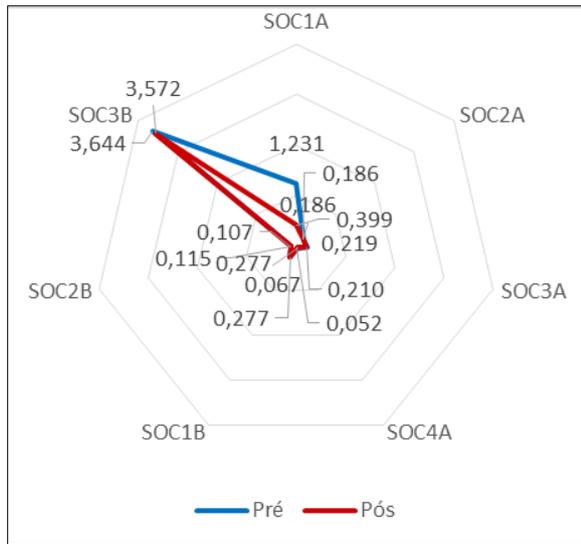
Figura 18 - Resultados dos impactos ambientais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 01.



Fonte: Elaborada pela autora

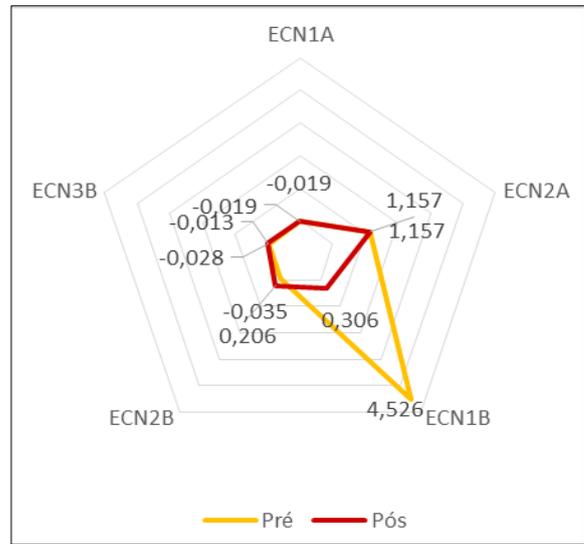
Já nas Figuras 19 e 20, observa-se que o grupo de impactos positivos gerados tanto na temática social quanto econômica são significativos. Destaque para este caso, com relação aos subindicadores relacionados a Esgotamento sanitário (SOC1A), Drenagem urbana (SOC4A), Controle de riscos (ECN1B) e Integração urbanística (ECN3B).

Figura 19 - Resultados dos impactos sociais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 01.



Fonte: A autora

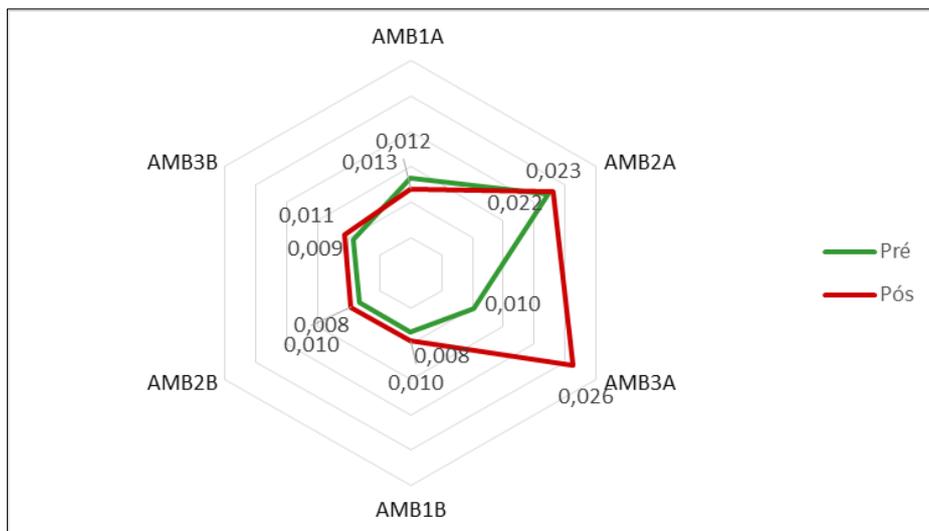
Figura 20 - Resultados dos impactos econômicos referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 01.



Fonte: A autora

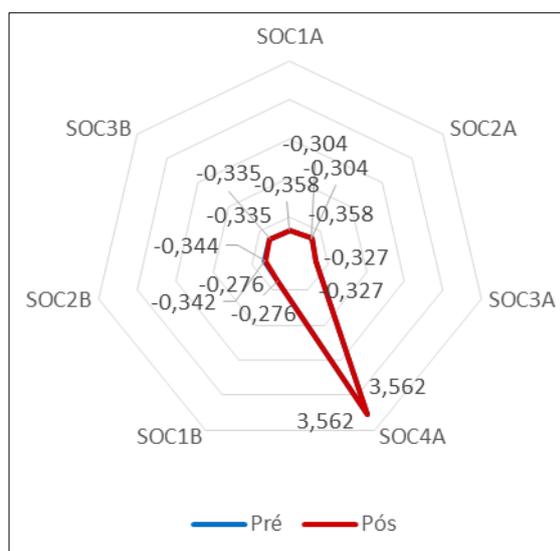
Sobre o caso de estudo nº 02, conforme mostra a Figura 19, subindicadores ambientais apresentam impactos negativos na pós-instalação do projeto em análise, sendo a morfometria fluvial (AMB3A), o elemento a ter danos mais significativos. Nas temáticas social e econômica, a aplicação do projeto demonstra-se inerte, sem alterações nas condições hidroambientais iniciais (Figuras 21, 22 e 23).

Figura 21 - Resultados dos impactos ambientais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 02.



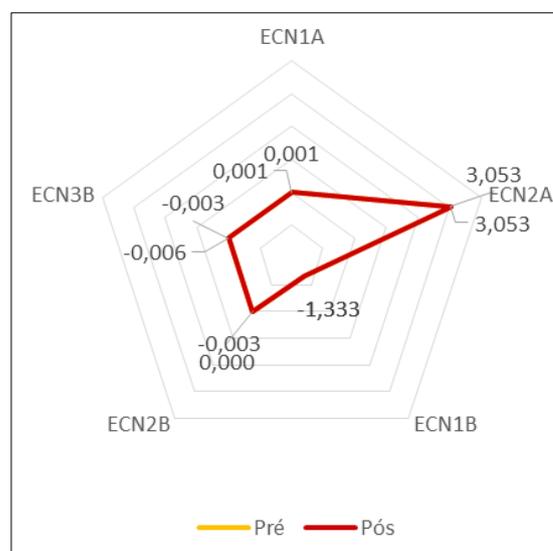
Fonte: A autora

Figura 22 - Resultados dos impactos sociais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 02.



Fonte: A autora

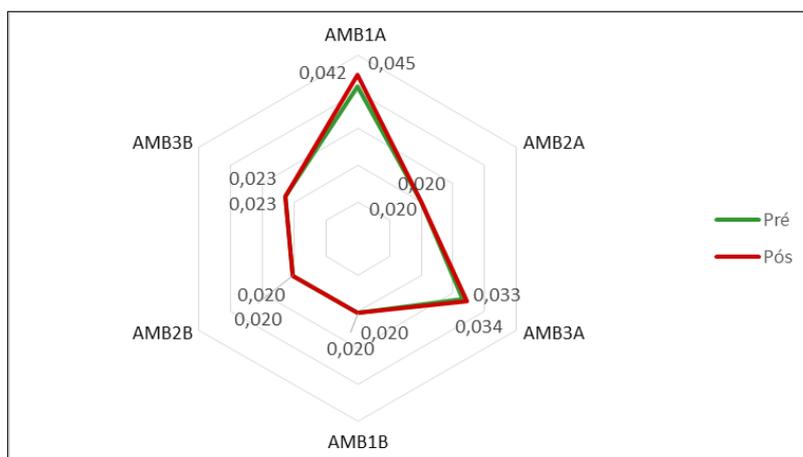
Figura 23 - Resultados dos impactos econômicos referentes a aplicação do projeto do estudo de caso nº 02.



Fonte: A autora

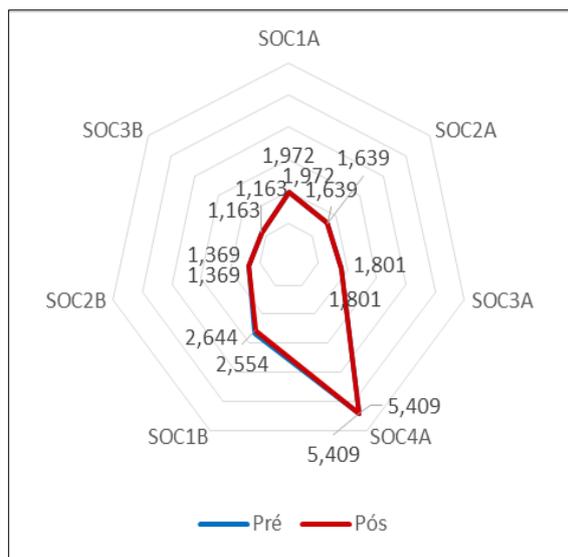
Referente ao estudo de caso nº 03, as Figuras 24, 25 e 26 mostram que em todas as temáticas hidroambientais, o projeto traz poucos benefícios como também, danos ao ambiente de sua aplicação. Tal situação remete à avaliação de sustentabilidade, a necessidade de conhecimento da interrelação entre as variáveis, bem como, de elementos que não estão contabilizados na metodologia para uma interpretação consistente para o julgamento quanto à aplicação do projeto proposto.

Figura 24 - Resultados dos impactos ambientais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso n° 03.



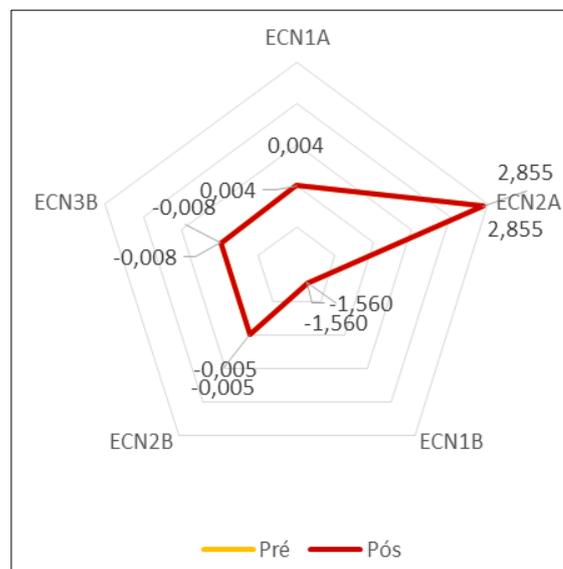
Fonte: A autor

Figura 25 - Resultados dos impactos sociais referentes a aplicação do projeto do estudo de caso n° 03.



Fonte: A autora

Figura 26 - Resultados dos impactos econômicos referentes a aplicação do projeto do estudo de caso n° 03.



Fonte: A autora

Quanto ao valor total dos impactos dos grupos temáticos, apesar da diferença entre os objetivos de cada projeto, com base nos dados e informações coletadas, a MASRios foi capaz de

computar os valores das áreas dos polígonos nas condições de pré e pós instalação de cada projeto, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 - Valores das áreas dos polígonos dos grupos temáticos dos indicadores hidroambientais.

Grupo temático	Área do polígono (Valor do Impacto)	Estudo n° 01	Estudo n° 02	Estudo n° 03
Ambiental	Pós	0,0349	0,0004	0,0017
	Pré	0,0264	0,0004	0,0015
	Total do impacto	0,0086	0,0000	0,0002
Social	Pós	2,0469	1,0499	0,0017
	Pré	0,7709	1,0505	0,0015
	Total do impacto	1,2761	-0,0006	0,0002
Econômico	Pós	2,5760	1,9384	2,1258
	Pré	0,2099	1,9374	2,1258
	Total do impacto	2,3661	0,0010	0,0000

Fonte: A autora

Desse modo, observa-se que o estudo n° 02, apesar de ter sido denominado como um projeto de requalificação fluvial propondo ações voltadas ao melhoramento da condição do curso d'água em questão, julga-se que o mesmo perante as condições iniciais do ambiente, não traz impactos positivos tanto para a temática ambiental quanto para as demais.

Sobre o estudo de caso n° 03, este apesar de apresentar valor de impacto positivo nas temáticas ambiental e social, com relação à temática econômica, as informações e dados do projeto demonstram não trazer mudança de condição para a bacia hidrográfica. Compreende-se que, para este caso apesar de serem identificados benefícios ambientais e sociais apresentados pela MASRios, estes são mínimos, podendo ser interpretado que, a decisão pela aplicação do projeto pode ser objeto de julgamento a partir de critérios específicos e/ou particulares da equipe técnica de avaliação.

Por fim, considerando que o enfoque da aplicação da metodologia visa o julgamento de projetos sobre perspectiva da sustentabilidade hidroambiental, indica-se que o projeto atribuído ao estudo de caso n° 01, é o que apresenta melhor resultado entre os casos estudados. Pode-se compreender que nesta situação as ações previstas neste projeto não devem trazer benefícios exclusivos à temática econômica e social, mas também, à ambiental.

5.7 Considerações finais

Entende-se que a avaliação da sustentabilidade hidroambiental é um processo complexo e multidimensional, visto a diversidade de informações e a abrangência de fatores e elementos envolvidos neste processo. Com base no método de pesquisa utilizado e nos resultados obtidos pela aplicação da MASRios, identifica-se que esta metodologia não define se algum empreendimento é viável ou não para execução.

Porém, a mesma possibilita a organização e apresentação das informações disponíveis, para que o analista técnico possa interpretar estes resultados e embasar a tomada de decisão sobre a viabilidade de um determinado projeto. Para isto, é necessário principalmente, considerar a interconexão entre impactos hidroambientais existentes e a serem provocados no curso d'água e em sua bacia hidrográfica.

Como exemplo, destaca-se que a metodologia não abarca em sua concepção, tipos de materiais e estruturas a serem aplicados no projeto, devendo assim, ficar a cargo do analista do projeto, considerar os mais viáveis principalmente com relação ao meio ambiente e a segurança social.

Entretanto, apesar de não ter sido objetivo de trabalho desta pesquisa, indica-se que os resultados obtidos e a sua análise interpretativa, pode auxiliar na identificação de impactos específicos, podendo facilitar a escolha de soluções pré-estabelecidas, abrindo possibilidades, então, para a concepção de novas alternativas de intervenção no mesmo ambiente em questão.

Por fim, por ser uma metodologia recomendada para aplicação em projetos de intervenções em cursos d'água perene de pequeno e médio portes e que, não necessitam de EIA e RIMA para sua AIA, compreende-se que a possibilidade de realizar uma análise integrada dos impactos hidroambientais incidentes, de suas causas reais e dos seus efeitos. Como também, pode proporcionar a gestão mais efetiva do ponto de vista da tomada de decisão e da definição de responsabilidades e controle desses impactos, não anulando a individualidade, o conhecimento e as experiências do técnico analista para de forma independente, executar a interpretação e a análise de cada projeto perante a complexidade de fatores e elementos envolvidos na questão.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), que foi formalizada e se consolidou pela via legal, é um dos instrumentos aplicados para tentar compatibilizar desenvolvimento econômico e social com proteção e melhoria da qualidade ambiental. Porém no Brasil, apesar da Resolução Conama nº 001, de 23 de janeiro de 1986, conter diretrizes gerais e atividades técnicas mínimas a serem seguidas para a construção dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA), aqueles projetos que não são considerados como de significativo impacto ambiental, não possuem requisitos e orientações norteadores como, também, procedimentos para a elaboração de seus estudos ambientais uniformizados.

Em se tratando de intervenções em cursos d'águas, como dragagens, retificações, barragens e requalificações fluviais, mesmo compreendendo que estes projetos são direcionados a um ambiente complexo e que podem provocar diversos impactos a depender do porte, abrangência espacial e intensidade das atividades propostas, estes projetos podem não ser objetos de aplicação de EIAs, a depender do entendimento dos órgãos ambientais do Brasil, como resguarda a legislação ambiental.

Contudo, mesmo aqueles que necessitam da elaboração desse tipo de estudo, os documentos apresentados nem sempre atendem os requisitos estabelecidos por esta Resolução, podendo inclusive, apresentar imprecisão, divergências e falta de transparência quanto às informações necessárias para a análise da interação do conjunto de fatores envolvidos na atividade/empreendimento em questão. Pode-se então compreender que a prática de elaboração de estudos ambientais pode acontecer simplesmente pelo formalismo documental do processo de licenciamento, visando a obtenção de licenças ambientais.

Desse modo, para os casos de projetos em cursos d'água que não são exigidos EIAs, entende-se que algumas informações também são essenciais para subsidiar e fundamentar a decisão da equipe técnica responsável pela AIA. Avalia-se que é necessário mensurar os diversos elementos e fatores envolvidos na questão para que assim, seja possível compreender as suas interações.

A partir disso, a Metodologia para Avaliação de Sustentabilidade Hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios) foi elaborada com o objetivo principal de estimar qualiquantitativamente através do método de interrelação, os impactos hidroambientais no estado de pré e de pós instalação de projetos de dragagens, retificações, barragens e requalificações fluviais. Para isto, fundamenta-se na dinâmica hierárquica de trechos fluviais e

está embasada no emprego de indicadores de impactos hidroambientais, estes ponderados a partir da opinião de técnicos especialistas da área.

Com sua aplicação em estudos de casos, identifica-se que a mesma é capaz de oferecer subsídios técnicos à equipe técnica responsável pela AIA, assegurando neste processo de avaliação, mais atenção direta, efetiva e eficiente quanto à interpretação das interações entre o conjunto de fatores sociais, econômicos e ambientais envolvidos nestes tipos de projetos.

Entretanto, adverte-se que o resultado obtido através de sua aplicação indica que a mesma não define se o projeto é viável ou não, mas organiza e apresenta as informações disponíveis para que o responsável técnico e/ou o órgão ambiental possa tomar a decisão sobre a viabilidade de sua execução. Sobre o citado fato, julga-se que para a interpretação dos seus resultados, o(s) analista(s) técnico(s) avaliador(es) do projeto deve ainda utilizar-se de conhecimentos pré-estabelecidos e sensibilidade técnica quanto ao projeto em questão, uma vez que, pode acontecer dos impactos identificados e seus resultados serem equivalentes/insignificativos entre os temas quanto à aplicação.

Ainda, para que possa ter subsídios técnicos quanto a sua aplicação, indica-se que o órgão ambiental deve definir que nas documentações básicas referentes ao licenciamento ambiental desta tipologia, as informações e os dados necessários ao emprego dos subindicadores, estejam contemplados. Pode-se então, elaborar e determinar por exemplo, requerimentos de licenciamento ambiental tidos como padrões para estes casos.

Quanto à sua ponderação, entende-se que a MASRios pode ainda receber, por parte da equipe técnica do órgão ambiental, contribuições específicas para a valoração de pesos e definição dos indicadores e de seus subindicadores. Tal fato decorre da metodologia possuir variáveis e pesos passíveis de alterações, podendo ser adaptada conforme o modelo de sustentabilidade hidroambiental definido.

Compreende-se ainda que, a mesma pode também receber complementações técnico-científicas direcionadas ao aperfeiçoamento dos valores de referência para definição de limites escalonares, como também a ampliação do seu objeto alvo de análise e de seus objetivos. Neste último caso, o acréscimo de sua abrangência espacial para os cursos d'água de regime hídrico intermitente, deve ser inicialmente obtido através do reconhecimento dos subindicadores e posterior comparação de sua aplicação neste tipo de ambiente fluvial, considerando essencialmente, sua dinâmica e fatores particulares.

E por fim, apesar da MASRios possuir o emprego de variáveis limitadas quanto ao objeto de estudo e, estar restrita aos cursos d'água de pequeno e médio porte (1ª e 2ª ordem), destaca-se

que a partir das exemplificações colocadas pelos estudos de caso, aponta-se que esta pode ser uma ferramenta útil na gestão/avaliação de projetos.

REFERÊNCIAS

- ABSY, L. A.; ASSUNÇÃO, F. N. & FARIA, S. C. **Avaliação de Impacto Ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas**. Brasília: IBAMA, 1995.
- ADELLE, C. & WEILAND, S. **Policy assessment: the state of the art**. Impact Assessment and Project Appraisal, v. 30, n. 1, mar. 2012. pp. 25-33.
- AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DE PERNAMBUCO. **Pedido de acesso à informação**. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/Ouvidoria/42324%3B36014%3B59%3B0%3B0.asp>. Acesso em 05 de março de 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DA ÁGUAS. **Portaria nº 149, de 26 de março de 2015**. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20150406034300_Portaria_149-2015.pdf. Acesso em 11 de junho de 2016.
- AGOL, D.; LATAWIEC, A. E. & STRASSBURG, B. N. **Evaluating impacts of development and conservation projects using sustainability indicators: Opportunities and challenges**. Environmental Impact Assessment Review, n. 48, 2014. pp. 01-09.
- AGRA FILHO, S. S. **Análise prévia do licenciamento ambiental: uma reflexão e proposição de inserção da perspectiva da sustentabilidade na apreciação no mérito da viabilidade ambiental**. Ribeirão Preto: Anais do 3º Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto, 2016. pp. 339-345.
- AGRA FILHO, S. S.; MARINHO, M. M.; ORRICO, S. R. & SANTOS, F. C. **Oportunidades de aprimoramento do processo de avaliação de impacto ambiental no Estado da Bahia**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n. 26, dez. 2012. pp. 33-43.
- ALLEN, T.; STARR, T. **Hierarchy**. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1982.
- ARAÚJO, D. C.; SILVA, P. O.; CURI, W. F.; & CABRAL, J. **Multicriteria analysis applied to the management of urban pluvial waters**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 22, n.18, 2017.
- BAPTISTA, M. & CARDOSO, A. **Rios e cidades: uma longa e sinuosa história**. Revista UFMG, v. 20, n. 02 de jul./dez. 2013. pp. 124-153.
- BARROS, D. A.; *et al.* **Breve análise dos instrumentos da Política de gestão ambiental brasileira**. Revista Política e Sociedade, v. 11, n. 22, nov. 2012. pp. 155-179.
- BEAVER, E., & BELOFF, B. (2000). **Sustainability Indicators and Metrics of Industrial Performance**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/254510251_Sustainability_Indicators_and_Metrics_of_Industrial_Performance. Acesso em 31 de Janeiro de 2018.
- BELL, S., & MORSE, S. **Sustainability Indicators: Measuring the Immeasurable?**. London: Earthscan, 2008.

BENETTI, L. B. **Avaliação do índice de desenvolvimento sustentável do município de Lages (SC) através do método do Painel de Sustentabilidade.** 2006. 215f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

BERTALANFFY, V. L. **Teoria Geral dos Sistemas.** Petrópolis: Editora Vozes, 1975.

BÖHRINGER, C. & JOCHEM, P. P. **Measuring the immeasurable — A survey of sustainability indices.** Ecological Economics, n. 63, 2007. pp. 01-08.

BOJÓRQUEZ-TAPIA, L. A. & GARCÍA, O. **An approach for evaluating EIAs – Deficiencies of EIA in Mexico.** Environmental Impact Assessment Review, v. 18, 1998. pp. 217 - 240.

BOLLMANN, H. A. & MARQUES, D. **Bases para a Estruturação de Indicadores de Qualidade de águas.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 5, n. 1, jan/mar. 2000. 37-60.

BOMFIM, E. O. *et al.* **Sustentabilidade hidroambiental de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame no Estado da Paraíba, Brasil.** Revista Sociedade & Natureza, v. 03, n. 27, set./dez. 2015. pp. 453-468.

BOND, A. *et al.* **Learning How to Deal with Values, Frames and Governance in Sustainability Appraisal.** Regional Studies, v. 45, n. 08, 2011. pp. 1157-1170.

BOND, A.; MORRISON-SAUNDERS, A. & POPE, J. **Sustainability assessment: the state of the art.** Impact Assessment and Project Appraisal, v. 30, n. 01, 2012. pp. 53-62.

BOTELHO, R. M. **Bacia hidrográfica e qualidade ambiental.** In A. C. VITTE, & A. T. GUERRA, Reflexões sobre a Geografia Física Brasileira. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. pp. 153-192.

BRAGA, R. **Instrumentos para Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos.** Recife: Editora Universitária UFPE, 2009. 134p.

BRAGAGNOLO, C. *et al.* **Streamlining or sidestepping? Political pressure to revise environmental licensing and EIA in Brazil.** Environmental Impact Assessment Review, n. 65, 2017. pp. 86-90.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em 09 de junho de 2016.

_____. **Lei Federal nº 6.830, de 22 de setembro de 1980.** Dispõe sobre a cobrança judicial da Dívida Ativa da Fazenda Pública, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6830.htm. Acesso em 15 de setembro de 2017.

_____. **Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Política Nacional de Meio Ambiente. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em 07 de junho de 2016.

_____. **Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1987.** Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em 25 de Maio de 2016.

_____. **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011.** Regula a Lei de Acesso à Informação. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112527.htm. Acesso em 13 de Outubro de 2017.

_____. **Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Código Florestal. Disponível em Planalto: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em 20 de maio de 2016.

BRAULIO-GONZALO, M.; BOVEA, M. D. & RUÁ, M. J. **Sustainability on the urban scale: Proposal of a structure of indicators for the Spanish context.** *Environmental Impact Assessment Review*, n. 53, 2015. pp. 16-30.

BRIERLEY, G. J. & FRYIRS, K. A. **Geomorphology and river management:** applications of the river styles framework. Carlton: Blackwell Publishing, 2006.

BRITTO, F. A. *et al.* **Quali-Quantitative Analysis of Brazilian Environmental Licensing of Hydropower Plants.** *International Journal of Geosciences*, n. 06, 2015. pp. 692-704.

BUFFINGTON, J. M. & MONTGOMERY, D. R. **Geomorphic classification of rivers.** *Treatise on Geomorphology*, v. 09, 2013, pp. 730-767.

CALÓRIO, M. C. (1997). **Análise da sustentabilidade em estabelecimentos agrícolas familiares no Vale do Guaporé/MT.** Dissertação (Mestrado em Agricultura Familiar) - Programa de Pós-graduação em Agricultura Familiar. Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 1997.

CANTER, L. W.; CHAWLA, M. K.; SWOR, C. T. **Addressing trend-related changes within cumulative effects studies in water resources planning.** *Environmental Impact Assessment Review*, n. 44. 2014. pp. 58–66.

CAMPOS, J. D. **Desafios do Gerenciamento dos Recursos Hídricos nas Transferências Naturais e Artificiais Envolvendo Mudança de Domínio Hídrico.** 2005. 485f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Ciências em Engenharia Civil. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

CAMPOS, M. C.; RIBEIRO, M. R. & VIEIRA, Z. C. **A Gestão de Recursos Hídricos Subsidiada pelo Uso de Indicadores de Sustentabilidade.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, n. 02, abr./jun. 2014. pp. 209-222.

CARDOSO, A. S. **Proposta de Metodologia para orientação de processos decisórios relativos à intervenções em cursos de água em áreas urbanas.** 2012. Tese (Doutorado em Saneamento) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

CARDOSO, A. S. & BAPTSTA, M. B. **Metodologia para Avaliação de Alternativas de Intervenção em Cursos de Água em Áreas Urbanas.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 16, n. 01 de jan./mar. 2011. pp. 129-139.

CARDOSO, O. R. *et al.* **Análise de fragilidade ambiental na bacia do rio Pardo - RS, frente à instalação de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs).** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 20, n. 02, abr./jun., 2015. pp. 507-522.

CARVALHO, A. T. F.; GIRÃO, O. & CABRAL, J. J. da S. P. **Efeitos de revestimento de canal e impermeabilização do solo à dinâmica de inundação do rio Arrombados - PE.** Revista Geociências - UNESP, v. 36, n. 01, 2017. pp. 76-88.

CARVALHO, J. M. *et al.* **Proposta e validação de indicadores de sustentabilidade hidroambiental para bacias hidrográficas: estudo de caso na sub-bacia do rio Piranhas - PB.** Rio de Janeiro: VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão, de 12 e 13 de agosto de 2011. pp. 01-23.

CARVALHO, J. M. *et al.* **Análise de sustentabilidade hidroambiental de municípios da região da sub-bacia do Alto Piranhas - PB.** Revista Holos, ano 31, v. 06, 2015. pp. 13-31.

CASHMORE, M. **The role of science in environmental impact assessment: process and procedure versus purpose in the development of theory.** Environmental Impact Assessment Review, n. 24, 2004. pp. 403-426.

CASTRO, C. N. **Gestão das Águas: experiências internacional e brasileira.** Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012. 86p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia.** São Paulo: Hucitec, 1979.

_____. **Geomorfologia fluvial.** São Paulo: Blucherm, 1981. 313p.

COELHO, A. N. **Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens.** Caminhos de Geografia, v. 09, n. 26, 2008. pp. 16-32.

COELHO, D. J., *et al.* **Análise documental e de consistência técnica de Planos de Manejo Florestal em áreas de formações florestais, no Estado de Minas Gerais.** Revista Árvore, v. 12, n. 01, 2008. pp. 69-80.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental.** Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/eia-rima/>. Acesso em 03 de agosto de 2017.

_____. **Manual para o elaboração de estudos para o licenciamento com avaliação de impacto ambiental.** São Paulo: CETESB, 2014. 250p.

_____. **Portal do Licenciamento Ambiental.** Disponível em: <https://portalambiental.cetesb.sp.gov.br/pla/dec/consultaprocessoandamento/fwk/act/sl/cause/sl/entity/void/area/void/view/current/fwk.do>. Acesso em 10 de fevereiro de 2017.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Conama nº 01, de 23 de Janeiro de 1986.** Disponível: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em 24 de Outubro de 2016.

_____. **Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em 25 de Abril de 2017.

CONSELHO EUROPEU. **Directiva 2000/60/CE do Parlamento e do Conselho Europeu de 23 de outubro de 2000.** Estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da Política da água. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 2000.

COSTA, C. W. *et al.* **Fragilidade ambiental e escassez hídrica em bacias hidrográficas:** Manancial do rio Araras - Araras, SP. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 20, n. 04, out./dez. 2015. pp. 946-958.

COY, M. **A interação rio-cidade e a revitalização urbana:** experiências europeias e perspectivas para a América Latina. Revista Franco-brasileira de Geografia (on line), n. 18, 2013.

CREMONEZ, F. E. *et al.* **Avaliação de impacto ambiental:** metodologias aplicadas no Brasil. Revista Monografias Ambientais - REMOA, v. 13, n. 05, dez. 2014. pp. 3821-3830.

CRUZ, R. C., *et al.* **Tendências na Análise de Impactos da Implementação de Barragens:** Lições do Estudo de Caso das Barragens de Uso Múltiplo da Bacia do Rio Santa Maria. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 15, n. 01, jan./mar. 2010. pp. 47-66.

CUNHA, S. B. **Geomorfologia fluvial.** In: A. T. GUERRA, & S. B. CUNHA, Geomorfologia: uma base de atualização e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. pp. 211-252.

DALMORO, M. & VIEIRA, K. M. **Dilemas na construção de escalas tipo Likert:** o número de itens e a disposição influenciam nos resultados?. Revista Gestão Organizacional, v. 6 - Edição especial, 2013. pp.161-174.

DANIEL, O. *et al.* **Alternativa a um método para determinação de um Índice de Sustentabilidade.** Revista Árvore, v. 25, n. 04, 2001. pp. 455-462.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand, 2005.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Progress towards the European 2010 biodiversity target.** Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2009.

EZZAT, R. Z. & OAK, R. A. **Application of Rosgen classification of rivers to an Indian river - a case study.** International Journal of Advanced Engineering Technology, v. 03, jan./mar. 2012. pp. 367-370.

FARIAS, A. L. & LAURENCEL, L. C. **Números Índices.** Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2005.

FERNANDEZ, O. V. **A classificação fluvial de Rosgen aplicada em córregos da região Oeste do Estado do Paraná, Brasil .** Revista do Departamento de Geografia, v. 31, 2016. pp. 01-13.

FISCHER, T. B., & NOBLE, B. **Impact Assessment Research:** Achievements, gaps and future directions. Journal of Environmental Assessment Policy and Management, v. 17, n. 01, 2015. pp. 01-12.

FISCHER, T. & JHA-THAKUR, U. **Environmental Assessment and Management Related Master Level Degree Programmes in the EUA:** baseline, trends, challenges and opportunities. Journal of Environmental Assessment Policy and Management, v. 15, n. 04, 2013. pp. 01-26.

FONSECA, J. J. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2002.

FORTINI, L. B.; RABELO, F. G. & ZARIN, D. J. **Mixed potential for sustainable forest use in the tidal floodplain of the Amazon River**. *Forest Ecology and Management*, n. 231, 2006. pp. 78-85.

FOXON, T. J. **Sustainability Criteria for Decision Support in the UK Water Industry**. *Journal of Environmental Planning and Management*, v. 45, 2002. pp. 285-301.

FREITAS, W. R. & JABBOUR, C. C. **Utilizando estudo de caso(s) como estratégia de pesquisa qualitativa: boas práticas e sugestões**. *Estudo & Debate*, v. 18, n. 02, 2011. pp. 07-22.

FRISSEL, C. A. *et al.* **Hierarchical Framework for Stream Habitat Classification: Viewing Streams in a Watershed Context**. *Environmental Management*, v. 10, n. 02, 1986. pp. 199-214.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE - FATMA DE SANTA CATARINA. **Licenciamento Ambiental de projetos de intervenções em rios**. Disponível em: <http://sinfat.fatma.sc.gov.br/relatorio>. Acesso em 20 de março de 2018.

GABRIELSEN, P. & BOSCH, P. **Environmental Indicators: Typology and Use in Reporting**. UE: European Environment Agency, 2003. Disponível em: http://www.brahmatwinn.uni-jena.de/fileadmin/Geoinformatik/projekte/brahmatwinn/Workshops/FEEM/Indicators/EEA_Working_paper_DPSIR.pdf. Acesso em 11 de outubro de 2017.

GALÁS, S. *et al.* **Environmental Impact Assessment in the Visegrad Group countries**. *Environmental Impact Assessment Review*, n. 55, 2015. pp. 11-20.

GALLEGO, C. C. **Nova visão sobre o uso integrado de instrumentos para aumento da efetividade da gestão de recursos hídricos**. 2014. 163f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014.

GAO, J.; CHRISTENSEN, P. & KORNOV, L. **Indicators role: How do they influence Strategic Environmental Assessment and Sustainable Planning – The Chinese experience**. *Science of the Total Environment*, n. 592, 2017. pp. 60-67.

GASPARATOS, A.; EL-HARAM, M. & HORNER, M. **The argument against a reductionist approach for measuring sustainable development performance and the need for methodological pluralism**. *Accounting Forum*, n. 03, 2009. pp. 245-256.

GASPARATOS, A. **Embedded value systems in sustainability assessment tools and their implications**. *Journal of Environmental Management*, n. 91, 2010. pp. 1613-1622.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T.; (Org.) . **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Ed. Atlas, 2009.

GÓES, V. C. & J. A. CIRILO. **Geração de base de dados espaciais para estudos de drenagem urbana na Região Metropolitana do Recife, Pernambuco.** Revista Brasileira de Cartografia, n. 63 e 64, 2011. pp. 555-565.

GREGORY, K. J. **A natureza da Geografia Física.** São Paulo: Bertrand Brasil, 1992. 367p.

GUIMARÃES, R. C. **Bacias hidrográficas da África.** Disponível em: https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/7988/1/Capitulo_2_Bacia_Hidrogr%C3%A1fica.pdf. Acesso em 15 de novembro de 2017.

GUIMARÃES, R. P., & FEICHAS, S. A. **Desafios na construção de Indicadores de Sustentabilidade.** Revista Ambiente & Sociedade, v. 12, n. 02, jul./dez. 2009. pp. 307-323.

HAASE, D. **Effects of urbanisation on the water balance – A long-term trajectory.** Environmental Impact Assessment Review, n. 29, 2009. pp. 211-219.

HAMILTON, K. **Policy-Driven Indicators for Sustainable Development. Mediterranean Blue Plan Environmental Performance.** Damasco: World Bank, 1996.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology.** Geol. Soc. Am. Bull., v.56, n.3, 1945. pp.275-370.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Avaliação de Impacto Ambiental:** agentes sociais, procedimentos e ferramentas. Brasília : Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável:** Brasil - 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

_____. **Censo demográfico 2010: Características urbanísticas do entorno dos municípios.** Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/entorno/entorno_tab_municipios_zip_xls.shtm. Acesso em 15 de novembro de 2017.

_____. **Sinopse por setor censitário - Censo demográfico 2010.** Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>. Acesso em 20 de junho de 2018.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESPÍRITO SANTO. **Consulta de licenças.** Disponível em: http://189.84.218.235/GAPIweb/web_ConsultarLicenca.aspx. Acesso em 10 de fevereiro de 2018.

IORI, A. A.; HUNTER, C. & WALKER, S. **The development and application of water management sustainability indicators in Brazil and Scotland.** Journal of Environmental Management, n. 88, 2008. pp. 1190-1201.

JACOBI, P. R. & SILVA-SÁNCHEZ, S. **Política de recuperação de rios urbanos na cidade de São Paulo.** Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, v. 14, n. 02, nov. 2012. pp. 119-132.

JÚNIOR MAGALHÃES, A. P.; NETTO, O. M. & NASCIMENTO, N. **Os Indicadores como Instrumentos Potenciais de Gestão das Águas no Atual Contexto Legal-Institucional do Brasil** - Resultados de um painel de especialistas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 03, n. 04. out/dez. 2003. pp. 49-67.

JUSTI JUNIOR, J. & ANDREOLI, C. V. **Uso de dados climáticos e hidrológicos como subsídio na determinação do regime de fluxo de canais de drenagem**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 16, n. 01, jan./mar. 2015. pp. 177-189.

JUWANA, I.; MUTTIL, N. & PERERA, B. C. **Indicator-based water sustainability assessment** — A review. *Science of the Total Environment*, n. 438, 2012. pp. 357-371.

KEMERICH, P. C.; RITTER, L. G. & BORBA, W. F. **Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações**. *Revista Monografias Ambientais - REMOA*, v. 13, n. 05, 2014. pp. 3723-3736.

KIECKHÖFER, A. M. **Promoção do desenvolvimento integrado e sustentável dos municípios**. 2005. 222f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

KOLKMAN, M. J., VEEN, A. v., & GEURTS, P. T. **Controversies in water management: Frames and mental models**. *Environmental Impact Assessment Review*, n. 27, 2007. pp. 685–706.

KVAERNER, J., SWENSEN, G., & ERIKSTAD, L. **Assessing environmental vulnerability in EIA**—The content and context of the vulnerability concept in an alternative approach to standard EIA procedure. *Environmental Impact Assessment Review*, n. 26, 2006. pp. 511-527.

LACERDA, C. S. & CÂNDIDO, G. A. **Modelos de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos**. Campina Grande: EDUEPB, 2003.

LEE, N. **Bridging the gap between theory and practice in integrated assessment**. *Environmental Impact Assessment Review*, n. 26, 2006. pp. 57-79.

LEE, N.; COLLEY, R.; BONDE, J. & SIMPSON, J. **Reviewing the quality of environmental statements and environmental appraisals**. Manchester: University of Manchester, 1999. 44p.

LEUNG, W. *et al.* **A review of uncertainty research in impact assessment**. *Environmental Impact Assessment Review*, n. 50, 2015. pp. 116-123.

LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes**. *Archives of Psychology*, v. 22, n. 140, 1932. pp.44-53.

MACEDO, D. R.; CALLISTO, M. & MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Restauração de Cursos d'água em Áreas Urbanizadas: perspectivas para a realidade brasileira**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 16, n. 3, jul/set, 2011. pp. 127-139.

LEME MACHADO, P. A. **Direito Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Editora Malheiros, 2001.

MACINTOSH, A. & WAUGH, L. **Compensatory mitigation and screening rules in environmental impact assessment.** Environmental Impact Assessment Review, n. 49, 2014. pp. 01-12.

MARÇAL, M. d., & LIMA, R. **Abordagens conceituais contemporâneas na Geomorfologia fluvial.** Espaço Aberto, v. 06, n. 01, 2016. pp. 17-33.

MARTINET, V. **A characterization of sustainability with indicators.** Journal of Environmental Economics and Management, n. 61, 2011. pp. 183-197.

MASUD, M. A. *et al.* **Sustainability impacts of tidal river management: Towards a conceptual framework.** Ecological Indicators, n. 85, 2018. pp. 451-467.

MATTOS, S. V. & PEREZ FILHO, A. **Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema.** Revista Brasileira de Geomorfologia, ano 05, n. 01, 2004. pp. 11-18.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário.** São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009.

MILLER, J. R., & RITTER, J. B. **An examination of the Rosgen classification of natural rivers.** Catena, n. 27, 1996. pp. 295-299.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Portal Nacional do Licenciamento Ambiental** . Disponível em: Fonte: <http://pnla.mma.gov.br/>. Acesso em 02 de fevereiro de 2018.

_____. **Avaliação ambiental estratégica.** Brasília: MMA, 2002.

_____. **Plano Nacional de Recursos Hídricos.** Brasília: MMA, 2006.135p.

_____. **Caderno de Licenciamento ambiental.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009. 90p.

_____. **Painel Nacional de Indicadores Ambientais - PNIA 2012: Referencial teórico, composição e síntese dos indicadores da versão-piloto.** Brasília: MMA, 2014.

_____. **Ministério do Meio Ambiente.** Disponível: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em 25 de junho de 2018.

_____. **Portal Nacional de Saneamento Ambiental.** Disponível em: <http://pnla.mma.gov.br/>. Acesso em 19 de fevereiro de 2017.

MIRRA, A. L. **Impacto ambiental: aspectos da legislação brasileira.** São Paulo: Juarez de Oliveira, 2002.

MOLDAN, B. & BILHARZ, S. **Sustainability indicators: report of the project on indicators of sustainable development.** . Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 1997.

MONTAÑO, M. & SOUZA, M. P. **A viabilidade ambiental no licenciamento de empreendimentos perigosos no Estado de São Paulo.** Revista de Engenharia Sanitária Ambiental, v. 13, n. 4, out./dez. 2008. pp. 435-442.

MORAES, S. M., & SANTOS, E. M. **Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)**: instrumento importante na sustentabilidade de projetos rodoviários. *Revista da FARN*, v. 03, n. 01-02, 2004. pp. 45-58.

MOREIRA, I. D. **Avaliação de Impacto Ambiental**. 1985. Disponível em: www.uff.br/estudosociaisambientais/Avadeimpactoambiental.doc. Acesso em 17 de fevereiro de 2018.

MORGAN, R. **Environmental impact assessment**: the state of art. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v. 30, n. 01, 2012. pp. 05-14.

MORIN, E. **O método na natureza**. Porto Alegre: Sulina, 2013.

MORIN, K. & CHRISTODOULOU, A. **Review of sustainability indices and indicators**: Towards a new City Sustainability Index (SCI). *Environmental Impact Assessment Review*, n. 32, 2012. pp. 94-106.

NEVES, F. F. *et al.* **Avaliação de impactos ambientais no contexto de aplicação dos Instrumentos de Política Ambiental**. *Interface Tecnológica*, v. 10, n. 01, 2013. pp. 83-94.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Composite Indicators of Country Performance**: a Critical Assessment. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development, 2003.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento**: Agenda 21. Rio de Janeiro: ONU, 1992. 472p.

_____. **Indicators of Sustainable Development**: Guidelines and Methodologies. 2007. Disponível em: <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/guidelines.pdf>. Acesso em 10 de setembro de 2017.

PATTERSON, M. **ISEE Conference 2010**. 2010. Disponível em: http://www.isee2010.org/full_papers.php?level=0&cat=-. Acesso em 05 de Agosto de 2017.

PEREIRA, M.; SAUER, L. & FAGUNDES, M. B. **Mensurando a sustentabilidade ambiental**: uma proposta de índice para o Mato Grosso do Sul. *Interações*, v. 17, n. 2, abr./jun. 2016. pp. 327-338.

PERMINOVA, T. *et al.* **Methods for land use impact assessment**: A review. *Environmental Impact Assessment Review*, n. 60, 2016. pp. 64-74.

PETTS, G. E. & AMOROS, C. **Fluvial Hydrosystems**. Londres: Chapman & Hall, 1996.

PIMENTEL, G., & PIRES, S. H. **Metodologias de avaliação de impacto ambiental**: aplicações e seus limites. *Revista Administração Pública*, jan./mar. 1992. pp. 56-68.

PIRES, A. *et al.* **Sustainability Assessment of indicators for integrated water resources management**. *Science of the Total Environment*, n. 578, 2016. pp. 01-09.

PISCHKE, F. & CASHMORE, M. **Decision-oriented environmental assessment**: An empirical study of its theory and methods. *Environmental Impact Assessment Review*, n. 26, 2006. pp. 643-662.

POHL, C. **Transdisciplinary collaboration in environmental research**. *Future*, n. 37, 2005. 1159–1178.

POMPERMAYER, R. S.; PAULA JÚNIOR, D. R. & CORDEIRO NETTO, O. M. **Análise multicritério como instrumento de gestão de recursos hídricos**: o caso das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 12, n. 03, jul./set. 2007. pp. 117-127.

POPE, J. *et al.* **Advancing the theory and practice of impact assessment**: Setting the research agenda. *Environmental Impact Assessment Review*, n. 41, 2013. pp. 01-09.

POPE, J. *et al.* **Reconceptualising sustainability assessment**. *Environmental Impact Assessment Review*, n. 62, 2017. pp. 205-215.

QUIROGA, R. **Indicadores de sustentabilidad y desarrollo sostenible**: estado del arte y perspectivas. Santiago de Chile: División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, 2001.

RABELO, L. S. & LIMA, P. S. **Indicadores de Sustentabilidade**: a possibilidade da mensuração do desenvolvimento sustentável. *Revista Eletrônica do Prodema*, v. 01, n. 01, dez. 2007. pp. 55-76.

REYNOSO, A. E. *et al.* **Rescate de ríos urbanos**: propuestas conceptuales y metodológicas para la restauración y rehabilitación de ríos. Coyoacán: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010. 112p.

REZENDE, O. M.; MIGUEZ, M. G. & VERÓL, A. P. **Manejo de Águas Urbanas e sua Relação com o Desenvolvimento Urbano em Bases Sustentáveis Integradas** — Estudo de Caso dos Rios Pilar-Calombé, em Duque de Caxias/RJ . *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, n. 02, abr/jun, 2013. pp. 149-163.

ROCHA, I. P. *et al.* **Meteorological and hydrological variables on occurrence of riverbank erosion along Lower São Francisco River**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 02, 2013. pp. 137–144.

RODRIGUES, G. S.; PIMENTA, S. C. & CASARINI, C. A. **Ferramentas de avaliação de impactos ambientais e indicadores de sustentabilidade na Embrapa**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

ROSGEN, D. L. **A classification of natural rivers**. *Catena*, n. 22, 1994. pp. 169-199.

_____. **The Role of Observer Variation in Determining Rosgen Stream Types in Northeastern Oregon Mountain Streams**. *Journal of the American Water Resources Association*, n. 45, 2009. pp. 1290-1297.

ROWLEY, H. V. *et al.* **Aggregating sustainability indicators**: Beyond the weighted sum. *Journal of Environmental Management*, n. 111, 2011. pp. 24-33.

ROZEMA, J. *et al.* **An investigation of environmental and sustainability discourses associated with the substantive purposes of environmental assessment.** *Environmental Impact Assessment Review*, n. 30, 2012. pp. 80 - 90.

SALA, S.; CIUFFO, B. & NIJKAMP, P. **A systemic framework for sustainability assessment.** *Ecological Economics*, n. 119, 2015. pp. 314-325.

SALMAN, M. A. & BRADLOW, D. D. **Regulatory frameworks for water resources management: a comparative study.** Washington: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2006. 218p.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação Ambiental Estratégica e sua aplicação no Brasil.** 2008. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/aaeartigo.pdf>. Acesso em 27 de maio de 2017.

_____. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de textos, 2013. 583p.

_____. **O processo de avaliação de impacto ambiental, seus papéis e funções.** Disponível em: <http://ambiental.adv.br/ufvjm/aiaetapas.pdf>. Acesso em janeiro de 31 de 2018.

SANDOVAL, M. & CERRI, L. E. **Proposta de padronização em avaliação de impactos ambientais.** *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v.06, n. 02, mai./ago. 2009. pp. 100-113.

SANTOS, A. R. **Metodologia científica: a construção do conhecimento.** Rio de Janeiro: DP&A, 1999.

SANTOS, G. F. & PINHEIRO, A. **Transformações Geomorfológicas e Fluviais Decorrentes da Canalização do Rio Itajaí-Açu na Divisa dos Municípios de Blumenau e Gaspar (SC).** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, ano 03, n. 01, 2002. pp. 1-9.

SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE DE PERNAMBUCO - SECTMA. **Atlas da Biodiversidade de Pernambuco.** SECTMA: Recife, 86p. 2002.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS. **Sistema Integrado de Informação Ambiental - SIAM.** 2018. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/siam/processo/index.jsp>. Acesso em 20 de março de 2018.

SERBIA, T. R. **Summary Report on Strategic Environmental Assessment of the Danube river basin management plan.** Belgrade: The Ministry of Agriculture and Environmental Protection, 2015.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. **Construção e análise de indicadores.** Curitiba: Serviço Social da Indústria, 2010.

SHAKIB-MANESH, T. E. *et al.* **Ranking of small scale proposals for water system repair using the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM).** *Environmental Impact Assessment Review*, n. 49, 2014. pp. 49-56.

SHIELDS, D.; SOLAR, S. & MARTIN, W. **The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability.** *Ecological Indicator*, v. 2, n. 1-2, 2002. pp.149-160.

SICHE, R. *et al.* **Índices versus Indicadores:** Precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Revista Ambiente & Sociedade*, v. 10, n. 02, jul./dez. 2007. pp. 137-148.

SILVA, A. M.; CORRÊIA, A. M. & CÂNDIDO, G. A. **Ecological Footprint Method: Avaliação da Sustentabilidade no Município de João Pessoa, PB.** *In:* G. A. CÂNDIDO, Desenvolvimento Sustentável e Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade: Formas de aplicações em contextos geográficos diversos e contingências específicas. Campina Grande: UFCG, 2010. pp. 236-271.

SILVA, G. O. **Uso de instrumentos da gestão do risco de cheias como ferramenta no planejamento urbano.** 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

SILVA, L. C. **Manejo de rios degradados:** uma revisão conceitual. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.03, 2010. pp. 23-32.

SILVA, M. G.; CÂNDIDO, G. A. & MARTINS, M. F. **Método de construção do Índice de desenvolvimento local sustentável: uma proposta metodológica e aplicada.** *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 11, n. 01, 2009. pp. 55-72.

SILVA, P. J. **Estrutura para identificação e avaliação de impactos ambientais em obras hidroviárias.** 2004. 553f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004.

SIMON, A. *et al.* **Stream restoration in dynamic fluvial systems:** scientific approaches, analyses, and tools. Washington: American Geophysical Union, V Series, Geophysical monograph, 2011. 535p.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.** 2016. Disponível em: <http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em 22 de dezembro de 2017.

SOBRAL, M. *et al.* **Classificação dos corpos d'água segundo a Directiva-Quadro da Água da União Européia - 2000/60/CE.** *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 11, 2008. pp. 30-39.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de Geossistemas.** São Paulo: Editora Lunar, 1977.

SOUZA, J. O. **Dos sistemas ambientais ao sistema fluvial - uma revisão de conceitos.** *Caminhos de Geografia*, v. 14, n. 46, 2013. pp. 224–233.

STAMM, H. R. **Método de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) em projetos de grande porte: estudo de caso de uma usina termelétrica.** 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

STRAHLER, A. N. **Quantitative analysis of watershed Geomorphology**. Am. Geophys. Union Trans. v. 38, n. 6, 1957. pp. 913-920.

SUGUIO, K. & BIGARELLA, J. J. **Ambiente Fluvial: Ambientes de sedimentação, sua interpretação e importância**. Curitiba: s.i, 1979.

SURVEYMONKEY. **SurveyMonkey** - (Copyright © 1999-2017 SurveyMonkey). Disponível em <https://pt.surveymonkey.com/>. Acesso em 2017 de dezembro de 01.

TEIXEIRA, D. M. **Os procedimentos do licenciamento ambiental**. Boletim Científico Escola Superior do Ministério Público da União, ano 09, n. 32-33, jan./dez. 2010. pp. 37-69.

TEIXEIRA, E. C. **O papel das políticas públicas no desenvolvimento local e na transformação da realidade**. Salvador: AATR, 2002.

TELES, C. D. *et al.* **Uma proposta para avaliação da sustentabilidade socioambiental utilizando suporte analítico e gráfico**. Production, abr. 2013. pp. 01-13.

THAKUR, U. J. & FISCHER, T. B. **25 years of the UK EIA System: Strengths, weaknesses, opportunities and threats**. Environmental Impact Assessment Review, n. 61, 2016. pp. 19-26.

TORO, J. *et al.* **A qualitative method proposal to improve environmental impact assessment**. Environmental Impact Assessment Review, n. 43, 2013. pp. 9-20.

TREWEEK, J. **Ecology and environmental impact assessment**. Journal of Applied Ecology, n. 33, 1996, pp. 191-199.

TUCCI, C. M. & MENDES, C. A. **Curso de Avaliação Ambiental Integrada de Bacia**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

UNEP, U. **Environmental impact assessment training resource manual**. Camberra: Australia Environmental Protection Agency, 1996.

VALINHAS, M. M. **Licenciamento ambiental e sustentabilidade**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v. 4, n. 2, jul./dez. 2010, pp. 231-246.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de produção. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade - um levantamento dos principais sistemas de avaliação**. Cadernos EBAPE.BR, v. 02, n. 01, mar. 2004. pp. 01-14.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

VAN ZEIJ-ROZEMA, A. & MARTENS, P. **An adaptive indicator framework for monitoring regional sustainable development: a case study of the INSURE Project in Limburg, the Netherlands**. Sustainability: Science, Practice & Policy, v. 6, n. 1, 2010. pp. 6-17.

VELEVA, V.; BAILEY, J. & JURCZYK, N. **Using Sustainable Production Indicators to Measure Progress in ISO 14001, EHS System and EPA Achievement Track.** Corporate Environmental Strategy, v. 08, n. 04, dez. 2001. pp. 326-338.

VERHEEM, R. **Recommendations for sustainability assessment in the Netherlands:** In commission for EIA. Netherlands: View From the Commission for EIA in 2002, 2002.

VERÓL, A. P. **Requalificação Fluvial Integrada ao Manejo de Águas Urbanas para Cidades mais Resilientes.** 2013. 345f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pósgraduação em Engenharia Civil. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

VIANA, R. d. **Grandes barragens, impactos e reparações: um estudo de caso sobre a barragem de Itá.** 2003. 191f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

VIDEIRA, N. *et al.* **A participatory modelling approach to support integrated sustainability assessment processes.** Systems research and Behavioral Science, n. 27, 2010. pp. 446-460.

VIEGAS, C. V. **Atividades de gestão do conhecimento na elaboração do Estudo de Impacto Ambiental.** 2009. 362f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

VIEIRA, P. S. & STUDART, T. M. **Proposta Metodológica para o Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidro- Ambiental de Áreas Serranas no Semiárido Brasileiro - Estudo de Caso: Maciço de Baturité, Ceará.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.14, n. 4, out./dez. 2009. pp. 125-136.

VIEIRA, V. P. **Recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável do Semiárido nordestino.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 01, n. 01, jan./jun.1996. pp. 89-107.

WANG, Y. *et al.* **Impacts of large dams on the complexity of suspended sediment dynamics in the Yangtze River.** Journal of Hydrology, n. 558, 2018. pp. 184-195.

WIGMOSTA, M. S.; BURGESS, S. J.; (Editores). **Land use and watersheds: human influence on hydrology and geomorphology in urban.** Washington: American Geophysical Union, 2000. 222p.

WILKINS, H. **The need for subjectivity in EIA: discourse as a tool for sustainable development.** Environmental Impact Assessment Review, n. 23, 2003. pp. 401-414.

WILLIAMS, A. & DUPUY, K. **Deciding over nature: Corruption and environmental impact assessments.** Environmental Impact Assessment Review, n. 65, 2017. pp. 118-124.

WOOD, C. **Environmental Impact Assessment - A comparative review.** Inglaterra: Addison Wesley Longman Limited, 1996.

XU, F. *et al.* **A triangle model for evaluating the sustainability status and trends of economic development.** Ecological Modelling, n. 195, 2006. pp. 327-337.

YIN, R. K. **Estudo de caso – planejamento e métodos**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2001.

ZANDONADI, L. U.; MENDONÇA, A. F. & REIS, J. T. **Outorga de lançamento de efluentes em rios** - estimativas de vazões de diluição. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 20, n. 02jan./mar. 2015. pp. 179-191.

APÊNDICE A - RESPOSTAS OBTIDAS ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO APLICADO A TÉCNICOS BRASILEIROS ESPECIALISTAS EM RECURSOS HÍDRICOS E AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

Pergunta 01: Qual a sua formação?

OPÇÕES DE RESPOSTA	RESPOSTAS	
▼ Agrônomo	0,00%	0
▼ Arquiteto	5,88%	2
▼ Biólogo	17,65%	6
▼ Engenheiro Civil	20,59%	7
▼ Engenheiro Sanitarista/Engenheiro Ambiental	11,76%	4
▼ Engenheiro Florestal	5,88%	2
▼ Engenheiro de Pesca	2,94%	1
▼ Geógrafo	20,59%	7
▼ Sociólogo	8,82%	3
▼ Outro	5,88%	2
TOTAL		34

Pergunta 02: Qual sua área de atuação profissional?

OPÇÕES DE RESPOSTA	RESPOSTAS	
▼ Ensino e Pesquisa	44,12%	15
▼ Planejamento Urbano	5,88%	2
▼ Elaboração e/ou Desenvolvimento de Projetos	14,71%	5
▼ Análise e/ou Avaliação de Projetos	41,18%	14
▼ Políticas Públicas	8,82%	3
▼ Outra	17,65%	6
Total de respondentes: 34		

Pergunta 03: Pensando na promoção da gestão sustentável dos recursos hídricos, como você avalia por nível de importância os seguintes itens abaixo?

	POUQUÍSSIMO IMPORTANTE (1)	POUCO IMPORTANTE (2)	IMPORTANTE (3)	MUITO IMPORTANTE (4)	MUITÍSSIMO IMPORTANTE (5)	TOTAL	MÉDIA PONDERADA
▼ Rio (calha e água)	0,00% 0	0,00% 0	14,71% 5	8,82% 3	76,47% 26	34	90,44
▼ Fauna e Flora dos rios	0,00% 0	2,94% 1	14,71% 5	26,47% 9	55,88% 19	34	83,82
▼ Saneamento Ambiental	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	20,59% 7	79,41% 27	34	94,85
▼ Uso e ocupação do solo	0,00% 0	2,94% 1	2,94% 1	26,47% 9	67,65% 23	34	89,71
▼ Usos da água	0,00% 0	0,00% 0	14,71% 5	29,41% 10	55,88% 19	34	85,29
▼ Obras hídricas	0,00% 0	0,00% 0	38,24% 13	35,29% 12	26,47% 9	34	72,06

ESTATÍSTICAS BÁSICAS

	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIANA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
Rio (calha e água)	3,00	5,00	5,00	4,62	0,73
Fauna e Flora dos rios	2,00	5,00	5,00	4,35	0,84
Saneamento Ambiental	4,00	5,00	5,00	4,79	0,40
Uso e ocupação do solo	2,00	5,00	5,00	4,59	0,69
Usos da água	3,00	5,00	5,00	4,41	0,73
Obras hídricas	3,00	5,00	4,00	3,88	0,80

Pergunta 04: Pensando sobre a prestação de serviços de saneamento ambiental, qual o nível de importância você define para cada um dos itens abaixo, considerando a perspectiva de preservação ou manutenção dos rios?

	POUQUÍSSIMO IMPORTANTE (1)	POUCO IMPORTANTE (2)	IMPORTANTE (3)	MUITO IMPORTANTE (4)	MUITÍSSIMO IMPORTANTE (5)	TOTAL	MÉDIA PONDERADA
Abastecimento de Água	0,00% 0	3,03% 1	15,15% 5	36,36% 12	45,45% 15	33	81,06
Esgotamento Sanitário	0,00% 0	0,00% 0	3,03% 1	9,09% 3	87,88% 29	33	96,21
Resíduos Sólidos	0,00% 0	0,00% 0	9,09% 3	30,30% 10	60,61% 20	33	87,88
Drenagem Urbana	0,00% 0	0,00% 0	12,12% 4	36,36% 12	51,52% 17	33	84,85

ESTATÍSTICAS BÁSICAS					
	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIANA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
Abastecimento de Água	2,00	5,00	4,00	4,24	0,82
Esgotamento Sanitário	3,00	5,00	5,00	4,85	0,43
Resíduos Sólidos	3,00	5,00	5,00	4,52	0,66
Drenagem Urbana	3,00	5,00	5,00	4,39	0,69

Pergunta 05: Pensando na qualidade ambiental dos rios, como você classifica o nível de importância de seguintes elementos/fatores para a manutenção ou preservação desse corpo hídrico?

	POUQUÍSSIMO IMPORTANTE (1)	POUCO IMPORTANTE (2)	IMPORTANTE (3)	MUITO IMPORTANTE (4)	MUITÍSSIMO IMPORTANTE (5)	TOTAL	MÉDIA PONDERADA
Qualidade da água do rio	0,00% 0	0,00% 0	5,88% 2	23,53% 8	70,59% 24	34	91,18
Quantidade de água que o rio possui	0,00% 0	2,94% 1	20,59% 7	35,29% 12	41,18% 14	34	78,68
Forma (geomorfologia) natural do rio e de suas margens	0,00% 0	0,00% 0	38,24% 13	20,59% 7	41,18% 14	34	75,74
Composição e quantidade da fauna no rio e em suas margens	0,00% 0	2,94% 1	32,35% 11	32,35% 11	32,35% 11	34	73,53
Composição e quantidade de flora no rio e em suas margens	0,00% 0	0,00% 0	17,65% 6	35,29% 12	47,06% 16	34	82,35

ESTATÍSTICAS BÁSICAS

	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIANA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
Qualidade da água do rio	3,00	5,00	5,00	4,65	0,59
Quantidade de água que o rio possui	2,00	5,00	4,00	4,15	0,84
Forma (geomorfologia) natural do rio e de suas margens	3,00	5,00	4,00	4,03	0,89
Composição e quantidade da fauna no rio e em suas margens	2,00	5,00	4,00	3,94	0,87
Composição e quantidade de flora no rio e em suas margens	3,00	5,00	4,00	4,29	0,75

Pergunta 06: Pensando sobre o controle urbano da bacia hidrográfica, qual o nível de importância você define para cada um dos itens abaixo, considerando a perspectiva de preservação ou manutenção dos rios?

	POUQUÍSSIMO IMPORTANTE (1)	POUCO IMPORTANTE (2)	IMPORTANTE (3)	MUITO IMPORTANTE (4)	MUITÍSSIMO IMPORTANTE (5)	TOTAL	MÉDIA PONDERADA
Impermeabilização do solo	5,88% 2	0,00% 0	11,76% 4	29,41% 10	52,94% 18	34	80,88
Preservação das margens dos rios	0,00% 0	0,00% 0	5,88% 2	26,47% 9	67,65% 23	34	90,44
Densidade populacional na bacia hidrográfica	0,00% 0	2,94% 1	14,71% 5	50,00% 17	32,35% 11	34	77,94

ESTATÍSTICAS BÁSICAS

	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIANA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
Impermeabilização do solo	1,00	5,00	5,00	4,24	1,06
Preservação das margens dos rios	3,00	5,00	5,00	4,62	0,59
Densidade populacional na bacia hidrográfica	2,00	5,00	4,00	4,12	0,76

Pergunta 07: Pensando no valor econômico das águas dos rios, qual o nível de importância você dá para os seguintes itens?

	POUQUÍSSIMO IMPORTANTE (1)	POUCO IMPORTANTE (2)	IMPORTANTE (3)	MUITO IMPORTANTE (4)	MUITÍSSIMO IMPORTANTE (5)	TOTAL	MÉDIA PONDERADA
Usos da água	0,00% 0	0,00% 0	8,82% 3	35,29% 12	55,88% 19	34	86,76
Custo para o tratamento	0,00% 0	0,00% 0	29,41% 10	47,06% 16	23,53% 8	34	73,53

ESTATÍSTICAS BÁSICAS

	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIANA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
Usos da água	3,00	5,00	5,00	4,47	0,65
Custo para o tratamento	3,00	5,00	4,00	3,94	0,73

Pergunta 08: Pensando nas obras de intervenções em rios e em suas margens, qual o nível de importância você dá para os seguintes itens?

	POUQUÍSSIMO IMPORTANTE (1)	POUCO IMPORTANTE (2)	IMPORTANTE (3)	MUITO IMPORTANTE (4)	MUITÍSSIMO IMPORTANTE (5)	TOTAL	MÉDIA PONDERADA
▼ Controle de cheias (barragens, retificações e canalizações)	5,88% 2	2,94% 1	32,35% 11	29,41% 10	29,41% 10	34	68,38
▼ Projetos urbanísticos de benfeitorias para o rio e/ou de suas margens	5,88% 2	2,94% 1	29,41% 10	17,65% 6	44,12% 15	34	72,79
▼ Infraestrutura (pontes, geração de energia, hidrovía)	0,00% 0	11,76% 4	52,94% 18	20,59% 7	14,71% 5	34	59,56

ESTATÍSTICAS BÁSICAS					
	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIANA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
Controle de cheias (barragens, retificações e canalizações)	1,00	5,00	4,00	3,74	1,09
Projetos urbanísticos de benfeitorias para o rio e/ou de suas margens	1,00	5,00	4,00	3,91	1,17
Infraestrutura (pontes, geração de energia, hidrovía)	2,00	5,00	3,00	3,38	0,87