

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**FELIPE ANDRADE SILVA**

**PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA EM SUPORTE À AVALIAÇÃO DO IMPACTO  
DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA DESCONFORMIDADE DA QUALIDADE  
DA ÁGUA EM PEQUENAS E MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS RURAIS.**

Vitória  
2018

**FELIPE ANDRADE SILVA**

**PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA EM SUPORTE À AVALIAÇÃO DO IMPACTO  
DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA DESCONFORMIDADE DA QUALIDADE  
DA ÁGUA EM PEQUENAS E MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS RURAIS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração de recursos hídricos.

Orientador: Prof. Edmilson Costa Teixeira.

Vitória

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial Tecnológica,  
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

S586p Silva, Felipe Andrade, 1989-  
Proposição de metodologia em suporte à avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na desconformidade da qualidade da água em pequenas e microbacias hidrográficas rurais. / Felipe Andrade Silva. – 2018.  
167 f. : il.

Orientador: Edmilson Costa Teixeira.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) –  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Propriedades rurais. 2. Água – Uso. 3. Microbacias hidrográficas. 4. Processo decisório por critério múltiplo. 5. Planejamento do uso do solo. I. Teixeira, Edmilson Costa. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

# Proposição de Metodologia em Suporte à Avaliação Do Impacto do Uso e Ocupação do Solo na Desconformidade da Qualidade da Água em Pequenas e Microbacias Hidrográficas Rurais

**Felipe Andrade Silva**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Edmilson Costa Teixeira  
Orientador - PPGEA/CT/UFES

Prof. Dr. José Antônio Tosta dos Reis  
Examinador Interno - PPGEA/UFES

Profª. Drª. Rachel Borly Prado  
Examinadora Externa - Embrapa

Diogo Costa Buarque  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Vitória-ES, 17 de abril de 2018.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Paulino e Inêz, e irmã, Gabriele, por todo o apoio e compreensão durante essa etapa da minha vida.

A minha noiva Valkíria, pelo apoio incondicional, incentivo, paciência e amor.

A toda a minha família, que torceram e rezaram por mim, sempre desejando o meu sucesso.

Ao professor Edmilson, pela oportunidade, atenção, orientação e exemplo de profissional.

Aos companheiros e amigos do LabGest, pelo apoio no desenvolvimento do trabalho e pelas discussões políticas, filosóficas, históricas e demais momentos de descontração.

Aos amigos e amigas, por compreenderem a minha ausência, me apoiarem e me incentivarem sempre.

Ao meu amigo Thobias J. Lieven, pelos encontros musicais do Albergue Pasárgada.

Aos amigos do Coletivo Sinestesia, pelas produções culturais e eventos realizados, sempre lembrando a importância de equilibrar o trabalho e o lazer.

A deus, pelas boas ondas e proteção no mar.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que, de alguma forma, auxiliaram neste trabalho.

“Quando algo é importante  
o suficiente, você realiza  
mesmo que as chances  
não estejam a seu favor.”

(Elon Musk)

## RESUMO

São diversos os usos e formas de ocupação do solo observado em bacias hidrográficas. Em especial em pequenas e microbacias hidrográficas – PMBH rurais, esses se mostram como os principais responsáveis pelas alterações na quantidade e na qualidade da água disponível as comunidades. Legislações como a Resolução CONAMA nº 357/05 são responsáveis por estabelecem padrões de qualidade da água para os corpos hídricos, em função dos diversos usos da água. Quando os corpos hídricos apresentam qualidade inferior à demandada pelos usos que são dados a água é caracterizado o cenário de desconformidade, que traz grandes riscos aos usuários. Faz-se importante para as PMBH rurais que sejam avaliados os impactos do uso e ocupação do solo na ocorrência de cenários de desconformidade. No contexto desses estudos, a literatura aponta para a necessidade de se avaliar quais metodologias se adequam melhor a utilização nessa escala de gestão. Ferramentas de análise multicriterial surgem então, como uma alternativa para verificação dessa adequação. Tomando como base a utilização de ferramentas de análise multicriterial foi proposta uma metodologia para auxiliar na seleção de método de avaliação de impacto do uso e ocupação do solo na qualidade da água a ser empregado em PMBH rurais. A proposta avalia 8 alternativas metodológicas sobre a ótica de 6 critérios de análise e apresenta 3 etapas para a sua aplicação, sendo elas a ‘Diagnóstico’, a ‘Análise Multicriterial’ e a ‘Recomendação’. Ao longo do seu desenvolvimento a proposta passou por 3 fases de avaliação. Essas contribuíram para a elaboração de uma versão final revisada e para a definição das diretrizes para a sua correta aplicação. A proposta desenvolvida foi considerada por representantes do órgão gestor de recursos hídricos do estado do Espírito Santo e por representantes de 3 comitês de bacias hidrográficas como de fácil entendimento e como tendo potencial de aplicação prática.

**Palavras-chave:** Uso e ocupação do solo. Usos da água. Desconformidade. Análise multicriterial. PMBH rural.

## ABSTRACT

There are many uses and form of occupation of land observed in river basins. Especially in rural small and micro watershed (PMBH rural), these are shown as the main responsible for changes in water quantity and quality available to communities. Legislation such as CONAMA Resolution No. 357/05 are responsible for establishing water quality standards for water bodies, depending on the different water uses. When the water bodies present inferior quality to the demand for the uses that are given to the water is characterized the scenario of nonconformity, that brings great risks to the users. It is important for rural PMBHs to evaluate the impacts of land–use and land–occupation in the occurrence of nonconformity scenarios. In the context of these studies, the literature points to the need to evaluate which methodologies are best suited to the use in this management scale. Multicriteria analysis tools then emerge as an alternative to verify this adequacy. Based on the use of multicriteria analysis tools, a methodology was proposed to assist in the selection of a method to evaluate the impact of land–use and land–occupation on the water quality to be used in rural PMBH. The proposal evaluates 8 methodological alternatives on the optics of 6 analysis criteria and presents 3 stages for its application, being 'Diagnostic', 'Multicriteria Analysis' and 'Recommendation'. Throughout its development the proposal has gone through 3 stages of evaluation. These contributed to the elaboration of a revised final version and to the definition of the guidelines for its correct application. The proposal developed was considered by representatives of the water resource management body of Espírito Santo state and representatives of 3 river basin committees as easy to understand and as having potential of practical application.

**Keywords:** Land use and land occupation. Water uses. Non–compliance. Multi–criteria analysis. Rural PMBH.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de processo realizado para o cálculo da escala sintética de avaliação das alternativas em função do critério custo .....	63
Tabela 2 – Usos preponderantes da água mais observados em PMBH rurais e suas respectivas classes de enquadramento segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 .....	79
Tabela 3 – Avaliações dos especialistas e notas das alternativas em função do critério Custo .....	84
Tabela 4 – Avaliações dos especialistas e notas das alternativas em função do critério Tempo .....	84
Tabela 5 – Avaliações dos especialistas e notas das alternativas em função do critério Demanda de Conhecimentos Técnicos .....	84
Tabela 6 – Avaliações dos especialistas e notas das alternativas em função do critério Avaliação Ambiental .....	85
Tabela 7 – Avaliações dos especialistas e notas das alternativas em função do critério Avaliação Socioeconômica .....	85
Tabela 8 – Avaliações dos especialistas e notas das alternativas em função do critério Avaliação Institucional .....	85
Tabela 9 – Notas das alternativas em função dos 6 critérios .....	86
Tabela 10 – Fatores que merecem atenção na avaliação de impacto do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do Córrego Floresta.....	122

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Distribuição do uso de métodos de análise multicriterial por área de conhecimento.....	46
Quadro 2 – Fatores relacionados ao uso e ocupação do solo, que podem afetar os recursos hídricos, identificados em revisão bibliográfica.....	77
Quadro 3 – Orientações sobre quando priorizar cada um dos critérios .....	96
Quadro 4 – Determinação dos pesos dos critérios através do método ROC .....	97
Quadro 5 – Quadro auxiliar para cálculo das pontuações finais das alternativas metodológicas .....	99
Quadro 6 – Fatores indicados para inclusão no escopo do questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ .....	105
Quadro 7 – Determinação dos pesos dos critérios através do método ROC .....	124
Quadro 8 – Cálculo das pontuações finais das alternativas para a microbacia hidrográfica do Córrego Floresta.....	125
Quadro 9 – Resultado das pontuações finais das alternativas avaliadas para microbacia hidrográfica do Córrego Floresta.....	126

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de função utilidade .....	52
Figura 2 – Passos do desenvolvimento da proposta metodológica e participantes externos que auxiliaram no seu desenvolvimento.....	58
Figura 3 – Tipos de função utilizadas na transcrição das notas das alternativas em função dos critérios .....	64
Figura 4 – Distribuição das referências utilizadas por região .....	75
Figura 5 – Bases da análise multicriterial.....	83
Figura 6 – Fluxograma de aplicação da versão inicial da metodologia proposta .....	87
Figura 7 – Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ pagina 1.....	90
Figura 8 – Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ pagina 2.....	91
Figura 9 – Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ pagina 3.....	92
Figura 10 – Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ pagina 4.....	93
Figura 11 – 1ª Reunião realizada com técnicos e gestores de recursos hídricos da AGERH-ES.....	102
Figura 12 – Fluxograma de aplicação da versão final da metodologia proposta.....	107
Figura 13 – Pagina 1 do Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ – Versão final .....	109
Figura 14 – Pagina 2 do Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ – Versão final .....	110
Figura 15 – Pagina 3 do Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ – Versão final .....	111
Figura 16 – Pagina 4 do Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ – Versão final .....	112
Figura 17 – Localização da microbacia hidrográfica do córrego Floresta .....	115
Figura 18 – Resposta da aplicação do questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ (página 1) .....	118
Figura 19 – Resposta da aplicação do questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ (página 2) .....	119
Figura 20 – Resposta da aplicação do questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ (página 3) .....	120
Figura 21 – Resposta da aplicação do questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ (página 4) .....	121
Figura 22 – 2º Reunião realizada com técnicos e gestores de recursos hídricos da AGERH-ES.....	128

## **LISTA DE SIGLAS**

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental

ANA – Agência Nacional de Águas

APP – Área de Preservação Permanente

CNRH – Conselho Nacional De Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

OD – Oxigênio dissolvido

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PMBH – Pequena e Microbacia hidrográfica Rural

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>21</b>
3.1	GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	21
<b>3.1.1</b>	<b>Enquadramento de corpos hídricos .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Pequenas e microbacias hidrográficas como unidades de planejamento, manejo e gestão .....</b>	<b>25</b>
3.2	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM PMBH RURAIS E OS FATORES ASSOCIADOS QUE INFLUENCIAM NOS IMPACTOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS.....	28
<b>3.2.1</b>	<b>Fatores Ambientais .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Fatores socioeconômicos .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Fatores institucionais.....</b>	<b>41</b>
3.3	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA.....	43
3.4	ANÁLISE MULTICRITERIAL.....	45
<b>3.4.1</b>	<b>Método de análise multicriterial SMARTER .....</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>54</b>
4.1	IDENTIFICAÇÃO DE FATORES RELACIONADOS AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO QUE CONTRIBUEM PARA A OCORRÊNCIA DE CENÁRIOS DE DESCONFORMIDADE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO AOS USOS OBSERVADOS DA ÁGUA .....	54
<b>4.1.1</b>	<b>Identificação de fatores relacionados ao uso e ocupação do solo em PMBH rurais .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Identificação dos usos da água em PMBH rurais.....</b>	<b>56</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Identificação dos parâmetros de qualidade da água indicadores de cenários de desconformidade em PMBH rurais .....</b>	<b>56</b>

4.2	PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA PARA AUXÍLIO NA SELEÇÃO DE MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA.....	57
4.2.1	<b>Desenvolvimento da base ferramental utilizada na proposta metodológica .....</b>	<b>59</b>
4.2.2	<b>Versão inicial da metodologia proposta.....</b>	<b>66</b>
4.2.3	<b>Primeira fase de avaliação da proposta metodológica .....</b>	<b>68</b>
4.2.4	<b>Segunda fase de avaliação da proposta metodológica .....</b>	<b>69</b>
4.2.5	<b>Versão final da metodologia proposta.....</b>	<b>70</b>
4.2.5.1	Exemplo de aplicação da proposta.....	70
4.2.6	<b>Avaliação final da proposta metodológica.....</b>	<b>72</b>
4.3	PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES ORIENTADAS A UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA .....	72
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>74</b>
5.1	IDENTIFICAÇÃO DE FATORES RELACIONADOS AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO QUE CONTRIBUEM PARA A OCORRÊNCIA DE CENÁRIOS DE DESCONFORMIDADE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO AOS SEUS USOS .....	74
5.1.1	<b>Fatores relacionados ao uso e ocupação do solo em PMBH rurais ....</b>	<b>76</b>
5.1.2	<b>Usos da água em PMBH rurais.....</b>	<b>79</b>
5.1.3	<b>Parâmetros de qualidade da água indicadores de cenários de desconformidade em PMBH rurais .....</b>	<b>81</b>
5.2	PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA PARA AUXÍLIO NA SELEÇÃO DE MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA.....	82
5.2.1	<b>Base ferramental da proposta metodológica.....</b>	<b>83</b>
5.2.2	<b>Versão inicial da metodologia proposta.....</b>	<b>86</b>
5.2.2.1	Pré-aplicação.....	87
5.2.2.2	Etapa 1 – Diagnóstico .....	88
5.2.2.3	Etapa 2 – Análise multicriterial .....	95
5.2.2.4	Etapa 3 – Recomendação .....	100
5.2.2.5	Pós-aplicação .....	101
5.2.3	<b>Primeira fase de avaliação da proposta metodológica .....</b>	<b>102</b>

<b>5.2.4</b>	<b>Segunda fase de avaliação da proposta metodológica .....</b>	<b>103</b>
<b>5.2.5</b>	<b>Versão final da metodologia proposta.....</b>	<b>106</b>
5.2.5.1	Exemplo de aplicação da proposta.....	114
<b>5.2.6</b>	<b>Avaliação final da proposta metodológica.....</b>	<b>127</b>
5.3	PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES ORIENTADAS A UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA .....	128
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>131</b>
6.1	CONCLUSÕES .....	131
6.1.1	<b>Objetivo específico 1 – Identificação de fatores relacionados ao uso e ocupação do solo que contribuem para a ocorrência de cenários de desconformidade da qualidade da água em relação aos seus usos .</b>	<b>131</b>
6.1.2	<b>Objetivo específico 2 – Proposição de metodologia para auxílio na seleção de método de avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na qualidade e quantidade da água.....</b>	<b>131</b>
6.1.3	<b>Objetivo específico 3 – Proposição de diretrizes orientadas a utilização da metodologia desenvolvida .....</b>	<b>132</b>
6.2	RECOMENDAÇÕES .....	132
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>134</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>151</b>
	<b>APÊNDICE A – Quadro das referências avaliadas no âmbito do objetivo específico 1 .....</b>	<b>152</b>
	<b>APÊNDICE B – Carta convite para participação da pesquisa.....</b>	<b>157</b>
	<b>APÊNDICE C – Ad Hoc: avaliação das metodologias de avaliação de impacto dos usos e ocupação do solo em função dos critérios elencados .....</b>	<b>158</b>
	<b>APÊNDICE D – Apresentação sucinta das alternativas metodológicas e dos critérios de análise contidos na proposta metodológica desenvolvida.....</b>	<b>164</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos primórdios da história o homem evoluiu do estilo de vida nômade, coletor, para a vida em comunidade, trabalhando a terra e cultivando o seu próprio alimento. A forma como o homem interagiu com a terra mudou, passando a ocupá-la e explorá-la, expandindo as áreas agrícolas, transformando as paisagens e os ambientes naturais. As águas presentes nesses territórios, que antes refletiam, em sua quantidade e qualidade, os ambientes naturais preservados que as circundavam, passaram então a sofrer com a influência das alterações antrópicas no meio ambiente, fruto da mudança de paradigma do uso e ocupação do solo ao longo do tempo (MAZOYER; ROUDART, 2010; MENEGASSO, 1998).

Na atualidade são diversas as formas de uso e ocupação do solo, tanto em áreas urbanas quanto rurais. Tais usos podem afetar direta ou indiretamente os recursos hídricos, causando alterações na quantidade e na qualidade da água disponível para a utilização das comunidades e manutenção do equilíbrio do ambiente aquático (SAGARA, 2001; VON SPERLING, 1996; XAVIER, 2005). Essas alterações podem ser tanto positivas quanto negativas, fruto de ações antrópicas no meio ambiente. Ressalta-se que alterações negativas nas características físicas, químicas ou biológicas das águas são, geralmente, oriundas de fontes de poluição, sejam elas pontuais ou difusas (VON SPERLING, 1996).

ANA (2012) e Mansor (2005) citam que as principais fontes de poluição dos recursos hídricos nas áreas rurais são oriundas de cargas difusas agrícolas, de efluentes agroindustriais e de efluentes domésticos das pequenas comunidades, enquanto que nas áreas urbanas as fontes de poluição são, basicamente, advindas de efluentes domésticos, efluentes industriais e cargas difusas urbanas. “Nas atividades econômicas rurais, o questionamento sobre a poluição dos recursos hídricos é mais complexo, uma vez que nem sempre é possível associar-se a fonte ao poluidor” (NEVES, 2005).

Por todo o mundo, governos têm mostrado preocupação com a poluição dos recursos hídricos, uma vez que a disponibilidade da água, em quantidade ou qualidade, é fator fundamental ao desenvolvimento econômico, social e cultural de

uma região (BRITES, 2010). No intuito de proteger os mananciais e garantir o direito a água de qualidade as atuais e futuras gerações os governos têm proposto legislações na área de recursos hídricos que incluem, entre outros elementos, a indicação de padrões de qualidade da água, de limites de emissão de poluentes, da capacidade suporte dos corpos hídricos, entre outros (CUNHA et al., 2013).

No Brasil uma das legislações de destaque nesse tema é a Resolução nº 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, de 17 de março de 2005. “Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes” (BRASIL, 2005). O enquadramento expressa o objetivo de qualidade da água (classe) o qual deve ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo. O estabelecimento de padrões de qualidade da água em classes de enquadramento visa assegurar as águas, qualidade para atender aos usos a que lhe são dadas, tanto os atuais quanto os futuros (BRASIL, 2005).

O uso da água para determinado fim com qualidade abaixo dos padrões especificados pelas legislações vigentes é caracterizado como sendo desconforme em termos de qualidade da água. Assim, um trecho de um curso d’água ou mesmo uma bacia hidrográfica inteira pode apresentar-se em um cenário de desconformidade, a depender dos usos da água que são empregados nessas regiões (BRASIL, 2005; BRITES, 2010).

Vieira (2015), avaliando a compatibilidade da qualidade das águas com a necessária para o atendimento aos usos na microbacia hidrográfica do Córrego Bananal (bacia do Rio Doce no estado do Espírito Santo), encontrou um cenário de desconformidade em todos os 6 trechos de curso d’água avaliados em seu estudo. As águas se mostraram impróprias para diversos usos, tais como o consumo humano, a irrigação de diversas culturas, a recreação de contato primário e a criação de peixes, sendo adequadas apenas aos usos previstos para as classes 3 e 4 da Resolução CONAMA nº 357/05. Essa microbacia é importante por ser representativa da agricultura familiar de parte significativa do Espírito Santo

(LABORATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO REGIONAL– LABGEST, 2015).

Cenários de desconformidade apresentam um risco em potencial para aqueles que fazem uso direto ou indireto das águas da região. “No caso de uso para a irrigação, uma água de baixa qualidade pode acarretar contaminação dos alimentos irrigados, comprometendo a qualidade do produto e, principalmente, a saúde humana” (FRANCO; VANZELA; HERNANDEZ, 2006, apud BERALDO, 2010). Tal situação é preocupante, uma vez que doenças como amebíase, giardíase, gastroenterite, febre tifóide, hepatite infecciosa, cólera e verminoses são contraídas pela ingestão de alimentos e água contaminada, principalmente por efluentes domésticos (SOUSA et al., 2016).

Apesar dos riscos, pouco se discute sobre o uso indiscriminado de águas contaminadas, em especial nas atividades de irrigação (MAROUELLI; SILVA, 1998). Schneider e Costa (2013) destacam que ações de fiscalização por órgãos da Vigilância Sanitária, certamente comprovarão que as fontes de água utilizadas nas atividades rurais não atendem aos padrões sanitários exigidos por lei. Caso medidas venham a ser tomadas, os impactos negativos para a agricultura familiar, de forma mais ampla, e para a economia, em particular, serão diversos, uma vez que, como apresentado por Sousa e outros (2016), 60% da produção de produtos básicos da dieta dos brasileiros como arroz, feijão, milho, hortaliças, mandioca, entre outros, são oriundos da agricultura familiar, constituída por pequenos e médios produtores, que representam a maior parte dos produtores rurais do Brasil.

Uma forma de auxiliar na resolução desses problemas está na realização de avaliações do impacto do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos. Através dessas avaliações é possível identificar os fatores que estão afetando na qualidade e na quantidade da água disponível nas bacias hidrográficas (QUEIROZ et al., 2010). “Quando se insere a pressão das atividades humanas, ou seja, os fatores externos não naturais ocorrentes no sistema, pode-se avaliar se eles são ou não degradantes e prejudiciais” (STOLLE, 2008). Esses fatores podem ser tanto de ordem ambiental como, social, econômico, cultural e político–institucionais (SANTOS JUNIOR, 2011). Tal identificação é essencial para o planejamento de ações,

remediação dos problemas e conseqüente adequação da qualidade da água (SILVEIRA, 2011).

No Brasil é comum que esse tipo de estudo seja realizado em bacias hidrográficas de grande escala territorial, seja de forma independente ou associado à realização de diagnóstico voltado para a implantação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, como o enquadramento de corpos hídricos ou o plano de bacia hidrográfica. O foco de muitos desses estudos fica restrito às grandes ordens dos cursos d'água, não chegando a considerar as características e os problemas particulares das pequenas e microbacias hidrográficas – PMBH, em especial as rurais (BRASIL, 2017; IGAM, 2010).

As microbacias hidrográficas rurais são extremamente importantes em termos regionais. Suas principais diferenças, comparadas às grandes escalas, são referentes ao uso e ocupação do solo, ao perfil socioeconômico da população, a atuação de instituições e a carência de informações e técnicas relacionadas a essa escala. Portanto, demandam a realização de estudos e manejos adequados para que as funções econômicas, sociais e ambientais sejam integradas e harmonizadas (MINOTI, 2006; PAIVA; PAIVA, 2001).

A avaliação dos impactos do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos é um tema de abordagem atual. A preocupação com a influência das formas de uso da terra sobre o ecossistema aquático tem levado ao desenvolvimento de diversas metodologias de avaliação de impactos (COSTA et al., 2011; GONÇALVES; ROCHA; FERREIRA, 2011; PAULA et al., 2013; FERNANDES et al., 2011). Apesar disso, a falta de informações sobre a adequação dessas metodologias às necessidades e características particulares das PMBH rurais dificulta o processo de seleção da metodologia a ser utilizada nessas escalas.

Visando preencher algumas das lacunas expostas, o presente trabalho pretende contribuir com a temática da avaliação de impacto do uso e ocupação do solo na qualidade da água em escala de pequena e microbacia hidrográfica rural, por meio do cumprimento dos objetivos apresentados a seguir.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Propor metodologia em suporte à avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na desconformidade da qualidade da água em pequenas e microbacias hidrográficas (PMBH) rurais.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar fatores relacionados ao uso e ocupação do solo que contribuem para a ocorrência de cenários de desconformidade da qualidade da água em relação aos seus usos;
- Propor metodologia para auxílio na seleção de método de avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na qualidade e quantidade da água;
- Propor diretrizes orientadas a utilização da metodologia desenvolvida.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

O desenvolvimento econômico, social e cultural de uma região está diretamente ligado à disponibilidade hídrica. A demanda crescente por água torna os conflitos envolvendo os usos múltiplos da água e os cenários de escassez cada vez mais constantes. Ao afetar a quantidade e qualidade da água, as atividades antrópicas acabam por comprometer a garantia de aproveitamento, presente e futuro, dos recursos hídricos, baseados no conceito de sustentabilidade hídrica. Diversas são as fontes causadoras de impacto nos recursos hídricos, mas, no contexto atual, o esgotamento do sistema sanitário, em bacias hidrográficas urbanas, e os usos do solo e práticas agrícolas irregulares, em bacias rurais, afetam significativamente a qualidade dos corpos d'água. Portanto, a existência de um sistema de gestão de recursos hídricos dinâmico, organizado e integrado torna-se necessário para resolver estas e outras situações que envolvem a água, seus usos, sua qualidade, quantidade e o território que a circunda (BRITES, 2010).

A gestão de recursos hídricos pode ser definida como sendo o conjunto de condutas integradas pela qual se procura equacionar e resolver as questões de escassez relativa, bem como fazer o uso adequado da água, com vistas à otimização desse recurso em benefício da sociedade (REBOUÇAS, 2001; ISAIAS, 2008).

Santos (2010) destaca que a gestão dos recursos hídricos deve abranger os aspectos de quantidade e qualidade da água, sendo realizada de forma sistematizada. Em se tratando de Brasil, há também que se considerar as diferenças e particularidades regionais, inerentes a um país de dimensões continentais, tais como geográficas, ambientais, econômicas, sociais e culturais. Além disso, é importante examinar as diferenças existentes entre as várias escalas de bacias hidrográficas, que são unidades territoriais básicas para a gestão dos recursos hídricos, visto que não correspondem, necessariamente, aos limites entre os municípios e os estados, podendo apresentar diferenças que afetem a gestão.

Para Setti e outros (2001) e Santos (2010) a condição fundamental para uma eficiente gestão de águas está baseada na efetiva implantação: de políticas que estabeleçam diretrizes gerais; de um modelo de gerenciamento que defina a organização legal e institucional; e de um sistema de gerenciamento, sendo importante também reunir instrumentos para o preparo e a execução do planejamento de uso, controle e proteção das águas.

No Brasil a gestão e o gerenciamento de recursos hídricos são pautados na Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH. Estabelecida pela Lei federal nº 9.433/97 que apresenta em seu corpo diversos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos que visam dar suporte para sua implementação. Dentre os seus objetivos destacam-se: o de assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; e a utilização racional e integrada dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Importante órgão para a implementação da PNRH a Agência Nacional de Águas – ANA, criada pela aprovação da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, aponta que o instrumento ‘enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água’, é referência para os demais instrumentos de gestão de recursos hídricos previstos na PNRH (ANA, 2009; BRASIL, 2000).

### **3.1.1 Enquadramento de corpos hídricos**

O enquadramento é definido como o estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo d’água ao longo do tempo, de modo a assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas. A Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA estabelece as classes de qualidade para as águas doces, salobras e salinas, destacando que a preservação dos níveis de qualidade visam à saúde, o bem-estar humano e o equilíbrio ecológico aquático. Essa Resolução também aponta que os custos do controle de poluição podem ser melhor adequados quando os níveis de qualidade exigidos estão de acordo com os usos que se pretende dar (BRASIL, 1997; CONAMA, 2005).

Segundo Brites (2010) o enquadramento fortalece a relação entre a gestão de recursos hídricos, a gestão de meio ambiente e a gestão de uso do solo, quando considerado o cenário articulador estabelecido pelas diretrizes de ação da PNRH, como: a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; a articulação do planejamento de recursos hídricos com o setor usuário; e a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo.

Leeuwestein (2000) destaca que o enquadramento é especialmente importante em bacias hidrográficas onde existem conflitos de uso da água. Sua aplicação proporciona aos gestores de recursos hídricos e atores locais uma ferramenta para certificar a disponibilidade quantitativa e qualitativa da água, promovendo a proteção e a recuperação dos recursos hídricos, fortalecendo a relação entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental.

A Resolução nº 91/2008 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Conforme o apresentado no Art. 3º, a proposta de enquadramento deverá conter o diagnóstico e o prognóstico da bacia, as propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento e o programa de efetivação. Esse processo deve considerar a ampla participação da comunidade da bacia hidrográfica, por meio da realização de consultas públicas, encontros técnicos, oficinas de trabalho e outros (BRASIL, 2008), participando de ações como: a elaboração de diretrizes para a bacia hidrográfica; a definição dos objetivos de qualidade da água; e a definição das metas a serem percorridas para a efetivação do enquadramento dentro de seu horizonte de planejamento (BRITES, 2010).

Amaro (2009) ressalta que o enquadramento, além de ser um instrumento de difícil entendimento, é um processo que envolve um extenso diagnóstico da bacia, que visa determinar os usos atuais e futuros da água, considerando as necessidades e as características socioeconômico–culturais da região, além da realização de estudos hidrológicos sobre a quantidade e a qualidade da água. Portanto, é essencial a obtenção de dados e informações que subsidiarão o processo decisório.

A etapa de diagnóstico, presente no processo de enquadramento, deve conter informações a respeito da sua situação atual, principalmente no que se refere aos usos dos recursos hídricos e aos respectivos impactos sobre a qualidade da água. É importante considerar, dentre outros, aspectos biofísicos, socioeconômicos e geopolíticos. Dentre os principais destacam-se os relacionados à disponibilidade, à demanda, à qualidade da água, aos usos do solo, aos usos da água e aos conflitos a eles relacionados. Esses aspectos técnicos deverão refletir a dinâmica socioambiental da região e envolver a articulação das diferentes áreas do conhecimento relacionadas ao tema (AMARO, 2009; BRITES, 2010).

Gallina (2014) estudou a etapa de diagnóstico, contida no processo de enquadramento, voltado para a elaboração de subsídios a sua aplicação em escala de pequena e microbacia hidrográfica. Em sua avaliação observou as dificuldades inerentes à etapa de diagnóstico, destacando a necessidade do desenvolvimento de procedimentos para a sua efetivação. Essa etapa, aplicada a esta escala de pequena e microbacia hidrográfica apresenta dificuldades técnicas e operacionais e precisa considerar as diversas características inerentes a essa escala, como a baixa disponibilidade de dados ambientais.

Uma análise sobre a situação dos enquadramentos no Brasil feita em 2009 pela ANA mostrou que para os corpos d'água de domínio estadual apenas 10 das 27 unidades da Federação possuem instrumentos legais que enquadram total ou parcialmente seus corpos d'água. Entre eles estão: Alagoas, Bahia, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo (ANA, 2009). Já no ano de 2013, através da publicação da Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013, a ANA relata a ocorrência de ações relativas ao enquadramento dos corpos hídricos nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Bahia, também havendo ações da ANA em bacias de rios de domínio da União (ANA, 2013).

Segundo ANA (2009) para a efetiva implantação do enquadramento são necessárias diversas ações envolvendo os demais instrumentos da PNRH, entre as quais se destacam a utilização de mecanismos de comando e controle (fiscalização de fontes

de poluição, aplicação de multas, outorga, termo de ajustamento de conduta), mecanismos de disciplinamento (zoneamento do uso do solo, criação de Unidades de Conservação) e mecanismos econômicos (cobrança pelo lançamento de efluentes, subsídios para redução da poluição).

Avanços em relação às bases legais para auxiliar a implementação do enquadramento ainda estão sendo realizados. Exemplo disso é a Resolução nº 141 /2012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, que estabelece critérios e diretrizes para implementação dos instrumentos de outorga de direito de uso de recursos hídricos e de enquadramento dos corpos de água em rios intermitentes e efêmeros. A gestão desses rios é complexa devido à natureza peculiar destes corpos d'água, portanto o estabelecimento de diretrizes para o seu enquadramento vem auxiliar na sua implementação (ANA, 2013).

Além de avanços em relação ao processo de enquadramento existem considerações que merecem atenção. Cunha e outros (2013), por exemplo, sugerem que seja resgatado o caráter de planejamento da Resolução CONAMA 357/2005, não limitando sua aplicação à utilização dos valores fixados para o simples acompanhamento da qualidade da água como tem ocorrido em muitos estudos no decorrer dos anos. A Resolução deve ser vista como um instrumento jurídico para o estabelecimento de metas progressivas para melhoria dos sistemas aquáticos em seus aspectos qualitativos, por meio dos comitês de bacia, com foco nos usos mais nobres a que a água se destina e com vistas à sustentabilidade em longo prazo.

### **3.1.2 Pequenas e microbacias hidrográficas como unidades de planejamento, manejo e gestão**

As bacias hidrográficas podem ser descritas como unidades naturais para informações hidrológicas, somado a isso a possibilidade de utilização como unidades naturais de manejo de terra, auxiliam no crescimento e desenvolvimento da sociedade (ISAIAS, 2008).

Diversas definições de bacia hidrográfica foram propostas ao longo dos anos, mas em geral assemelham-se a apresentada por Barrella e outros (2001), sendo definida

como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático.

Segundo Santos Junior (2011) ao assumir a bacia hidrográfica como unidade de planejamento para a gestão das águas, respeita-se a divisão geográfica criada pela própria natureza. Diferente da divisão administrativa, por estados e municípios, essa pode proporcionar uma efetiva integração das políticas públicas e ações regionais, sendo bastante positiva para o desenvolvimento local. Para Tonello (2005) a bacia hidrográfica se apresenta como a unidade de planejamento mais adequada para o uso e exploração dos recursos naturais. Por conta de seus limites serem imutáveis dentro do horizonte de planejamento humano, facilita o acompanhamento de alterações de origem natural e antrópica. Sendo assim, o condicionamento do uso e ocupação dos solos na bacia hidrográfica torna-se o meio mais eficiente de controle e preservação dos recursos hídricos que a integram, visto que as atividades desenvolvidas em seu interior têm influência sobre a quantidade e qualidade da água (ISAIAS, 2008).

O tamanho de uma bacia varia de acordo com o limite de seus divisores de águas, entretanto, as definições que envolvem as suas subdivisões apresentam abordagens diferentes, levando em consideração fatores que vão do físico ao ecológico (TEODORO et al., 2007). Silva e outros (2012) consideram que as grandes bacias podem ser subdivididas em mesobacias, de tamanho médio, e microbacias, bacias muito pequenas, mas a definição dos limites territoriais de cada uma dessas subdivisões não é muito clara. Autores como Minoti (2006), Tamiosso (2012) e Gallina (2014) definem como limite para as pequenas bacias, áreas de drenagem de até 100 km<sup>2</sup>. Sendo subdivisões das pequenas bacias, as microbacias representam apenas uma parte da área dessas, não ultrapassando, comumente, os 50 km<sup>2</sup>.

Santos (2004) destaca que as pequenas bacias apresentam um planejamento mais facilitado quando comparado ao realizado em grandes bacias. A obtenção de dados e informações, sejam ambientais ou socioeconômicas, se dá com maior facilidade e de forma mais efetiva, muito por conta de sua baixa extensão territorial. Em

contraponto, são comuns os casos onde a disponibilidade de dados é baixa ou inexistente. Gallina (2014) complementa ao apontar que os problemas e desafios encontrados nessa escala de gestão são mais centralizados ou limitados espacialmente, abrangendo principalmente questões de ordem financeira, técnico-científica e técnico-política-científica. Um ponto estrategicamente importante é que há, nessa escala, uma tendência de se garantir maior participação e envolvimento dos diversos atores interessados.

No Brasil diversos autores têm apontado as dificuldades e facilidades encontradas na realização de estudos em pequenas e microbacias hidrográficas. Quando considerados em conjunto, por sua vez, auxiliam na identificação de um panorama de qualidade ambiental e socioeconômica que apontam para uma realidade comum.

Estudos como os realizados por Arcova e Cicco (1999), Donadio, Galbiatti e Paula (2005) e Silva e outros (2011), onde são comparadas microbacias com diferentes condições de usos do solo em diversos graus de degradação, com microbacias florestadas, são um indicativo da realidade da qualidade de água nessa escala de gestão. Em todos os estudos foram observadas alterações negativas na qualidade das águas, condições que só corroboram com os problemas de escassez e conflito pelo uso da água vivido por essas regiões. Ressalta-se, também, que ações de manejo e gestão do solo impróprias a sua conservação, têm gerado diversos impactos na qualidade e quantidade de água nos corpos hídricos dessas bacias.

Silva e outros (2012) aponta, ao avaliar dezoito microbacias no âmbito do projeto “Gestabacias”, que o predomínio da ocupação do território para essa escala é de propriedades de até 3 hectares, voltadas para agricultura de base familiar. Lopes (2011) relata que a composição principal das microbacias hidrográficas do estado do Espírito Santo, é dada em grande parte por pequenas propriedades de base agrícola familiar. Gonçalves e outros (2005) destaca a existência de um panorama parecido no estado do Rio Grande do Sul, mais acrescenta que a destruição de áreas de vegetação permanente e a utilização de grandes quantidades de pesticidas e fertilizantes têm causado impactos diretos nos recursos hídricos.

Autores como Batista e Silva (2013), Godoy, Prado e Soluri (2009), Lucas, Folegatti e Duarte (2010), Menezes e outros (2012) e Zanini e outros (2010), relatam que mesmo em PMBH rurais, assim como ocorre nas urbanas, o despejo de efluentes domésticos representa uma das principais fontes de degradação dos recursos hídricos. A falta de investimentos em saneamento, em muitos casos, não possibilita outra alternativa a não ser o lançamento do esgoto *in natura* no curso d'água, comprometendo a sua qualidade e pondo em risco a saúde e o bem estar das comunidades locais.

### 3.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM PMBH RURAIS E OS FATORES ASSOCIADOS QUE INFLUENCIAM NOS IMPACTOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

A preocupação com a influência das formas de uso do solo sobre o ecossistema aquático remete ao estudo cuidadoso da interação e troca de energia entre os dois sistemas. Este fato, em grande parte responde ao desequilíbrio que os mananciais de água têm sofrido em decorrência do uso inadequado do sistema terrestre (REIS; PEREIRA FILHO, 2006).

Segundo Araújo e Pinese (2006), para alcançar a sustentabilidade ambiental, as práticas de manejo e uso do solo urbano e rural devem ser analisadas de forma integrada ao ambiente em escala global da paisagem, permitindo o uso da terra sem comprometer a qualidade ambiental.

São diversos os fatores que levam à deterioração da água, podendo ser suas fontes classificadas em pontuais e difusas (VON SPERLING, 1996). Nas PMBH rurais os impactos nos recursos hídricos são predominantemente oriundos das fontes difusas de poluição, associadas ao uso do solo na agricultura, sendo possível de observar em menor grau a ocorrência de fontes pontuais relacionadas à agroindústria, à pecuária intensiva e aos efluentes domésticos das residências rurais (MANSOR, 2005). Diversos autores como Lucas, Folegatti e Duarte (2010), Paula e outros (2013), Reis, Pereira Filho (2006), Vanzela, Hernandez e Franco (2010) tem destacado os impactos nos recursos hídricos associados a regiões com uso

agrícola, quando estudadas as relações entre o uso do solo e a qualidade das águas em PMBH rurais. Prado e Novo (2007) complementam apontando que:

Este tipo de poluição pode ser intensificado devido à irrigação, à compactação do solo derivada da mecanização, ao desflorestamento (inclusive de mata ciliar), à ausência de práticas conservacionistas do solo, aos processos erosivos, além da interferência de fatores naturais (geologia, geomorfologia, declividade, pedologia, forma e densidade de drenagem da bacia hidrográfica, regime de chuvas, permeabilidade do solo e outros).

O entendimento da dinâmica nas relações entre o uso do solo e os seus impactos na qualidade da água em microbacias, proporcionados pela realização de estudos ambientais, tem grande importância, pois auxiliam no planejamento e gestão da bacia hidrográfica. Corroborando com essa afirmação Montgomery (1995, apud ATTANASIO, 2004) destaca que:

Estudos em microbacias fornecem metodologia para contribuir com a implementação do novo paradigma do manejo agrícola, que também pode ser chamado de manejo ecossistêmico. Para se implementar uma abordagem ecossistêmica nas tomadas de decisão sobre o uso e manejo da terra são necessários novos métodos que estabeleçam uma conexão entre a ciência e o planejamento. Essa integração é fundamental, pois para o uso sustentável dos recursos naturais é necessária uma conciliação entre os objetivos do manejo e a capacidade do ecossistema para responder a esses objetivos através do tempo. Para isso é importante identificar os impactos das ações humanas nos sistemas e processos ecológicos e, então, redefinir o manejo e uso da terra para minimizar esses impactos. Desse modo, são tratadas as causas e não apenas os impactos da degradação ambiental.

A avaliação dos impactos antrópicos e da qualidade da água muitas vezes levam ao conhecimento dos parâmetros e fatores que os relacionam, auxiliando na proposição de medidas para minimizar a degradação ambiental e na proposição de instrumentos de planejamento e gestão do uso do solo (FERNANDES et al., 2011; GONÇALVES; ROCHA; FERREIRA, 2011; QUEIROZ et al., 2010; RANZINNI; LIMA, 2002; REIS, 2006).

Santos e Hernandez (2013) destacam a importância de conhecer todos os fatores relacionados ao uso do solo de modo a favorecer a identificação de seus impactos ambientais, além de auxiliar no planejamento hidroagrícola e ambiental da bacia hidrográfica.

Botelho (1999) e Nascimento (2011) apontam que o levantamento de informações sobre os fatores ambientais, aspectos físicos das bacias hidrográficas, é importante

para que sejam conhecidas as reais potencialidades e limitações de uso e ocupação de uma determinada área. Eles ainda indicam que essas informações, no âmbito das microbacias hidrográficas, no geral, não se encontram disponíveis, sendo necessária a sua identificação por meio de uma investigação consistente, com o detalhamento equilibrado entre os fatores, sem que haja uma priorização de um sobre os outros. O conhecimento desses fatores é determinante para a gestão dos recursos hídricos locais, uma vez que uma mudança significativa em qualquer elemento pode ocasionar efeitos e/ou impactos a jusante da bacia.

Segundo Stolle (2008) o ambiente natural apresenta uma vulnerabilidade inerente relacionada às suas características intrínsecas. Quando se insere na análise do sistema os fatores externos não naturais, decorrentes da pressão das atividades humanas, torna-se possível avaliar se eles são ou não prejudiciais e degradantes.

Para Santos Junior (2011) os grandes desafios de conservar os recursos naturais, em especial os recursos hídricos, de aumentar o nível da qualidade de vida das comunidades, em consonância com a eficiência econômica, diminuindo o nível de pobreza, passa por considerar conjuntamente os fatores sociais, culturais, ambientais, econômicos, e político-institucionais, em busca de alcançar o desenvolvimento sustentável.

Por conta da importância evidenciada de se conhecer os diversos fatores relacionados ao uso e a ocupação do solo para a identificação dos seus impactos sobre o meio ambiente e para o planejamento ambiental, são apresentados a seguir os fatores que mais exercem pressão sobre a qualidade da água em PMBH rurais, sendo agrupados em ambientais, socioeconômicos e institucionais.

### **3.2.1 Fatores Ambientais**

#### **❖ Aplicação de agrotóxicos**

O uso de agrotóxicos nas culturas e plantações, prática decorrente de uma agricultura convencional, apresenta muitos riscos ao meio ambiente, ao trabalhador rural e à comunidade que consome os produtos oriundos dessas áreas produtivas (ANA, 2012; SCHNEIDER; COSTA, 2013; DIAS et al., 1999). O uso sem a

orientação técnica adequada, associado a sua toxicidade aguda e crônica, pode provocar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, de materiais e produtos de colheita, dos solos, do ar, da fauna, da flora, além de causar impactos negativos sobre a saúde humana. Outra questão importante que tem levado à grande utilização dos agrotóxicos, aumentando os riscos do seu uso indiscriminado, é a facilidade de compra (sem receituário agrônomo e florestal) e a sua aparente rápida eficiência (DIAS et al., 1999; SOUZA, 2006).

Bragagnolo e Pan (2000), ANA (2012) e Pereira e Barbosa (2009) listam outras questões relacionadas à aplicação de agrotóxicos que também podem levar a contaminação, como: derrames acidentais nas operações ou no transporte; disposição inadequada de embalagens; local de estocagem inadequado; Recipientes de armazenamento inadequados, limpeza de recipientes e abastecimento dos pulverizadores em locais indevidos.

ANA (2013) destaca que o conhecimento das características físico-químicas dos agrotóxicos, das características do terreno e do solo, das condições climáticas e das características de aplicação (modo, frequência, dose de aplicação, etc) são fundamentais para prever o comportamento dos agrotóxicos no solo. No mesmo sentido, Bertol e outros (2016) apontam que a utilização de práticas de controle do escoamento superficial é uma importante medida que pode evitar que os produtos aplicados alcancem os mananciais de água.

#### ❖ Aplicação de fertilizantes

O uso de fertilizantes de forma inadequada, sem nenhum tipo de embasamento analítico do solo e sem a orientação técnica pode trazer diversos riscos, tanto ao equilíbrio do ecossistema como a saúde do trabalhador em longo prazo, além de representar uma fonte de poluição das águas superficiais e subterrâneas nas bacias hidrográficas (ANA, 2012; ATTANASIO, 2004; BARBOSA, 2009; SCHNEIDER; COSTA, 2013). Essa prática inadequada pode afetar os processos de síntese das plantas e alterar o pH dos solos, aumentando a incidência de pragas e as chances dos fertilizantes serem carregados pela água pelo escoamento superficial, até os corpos hídricos, ou pelo processo de infiltração, até as águas subterrâneas (SCHNEIDER; COSTA, 2013).

Segundo ANA (2012) e Owens (1994, apud XAVIER, 2005) os nutrientes contidos nos fertilizantes, em especial o fósforo e o nitrogênio, podem causar a eutrofização dos corpos hídricos e a contaminação do lençol freático. Esses autores também ressaltam que diversos fatores podem influenciar no carreamento ou lixiviação dos fertilizantes, tais como: o desmatamento da vegetação ripária, o teor de umidade no solo antes da ocorrência de chuvas, as propriedades físico-químicas do solo, a declividade da área de plantio, as práticas de manejo agrícola, o tipo de cultivo, a época de aplicação e a sua forma de incorporação ao solo.

A utilização de fertilizantes na adubação das culturas pode ser determinante para o resultado da produção. Por conta disso o agricultor deve sempre levar em consideração os fatores ambientais, os efeitos colaterais, os investimentos necessários e as orientações técnicas no planejamento de sua aplicação (SCHNEIDER; COSTA, 2013).

#### ❖ Atividade de irrigação

Segundo DIAS e outros (1999), a utilização de práticas de irrigação inadequadas podem provocar diversos impactos ambientais. Essas estão associadas à falta de orientação técnica no planejamento dos projetos e geralmente envolvem o manejo incorreto das técnicas e dos sistemas de drenagem do solo e à utilização excessiva de água, muitas vezes por conta da utilização de técnicas de pouco controle. Dentre os principais impactos ambientais advindos das atividades de irrigação estão:

- A potencial ocorrência de erosão dos solos;
- A saturação e salinização dos solos;
- A lixiviação dos nutrientes dos solos;
- O aparecimento de algas e a proliferação de pragas;
- A deterioração da qualidade da água do rio, a jusante do projeto de irrigação, e a contaminação da água do lençol freático;
- A redução das vazões dos rios a jusante do projeto de irrigação, afetando os usuários situados abaixo da área irrigada;
- A alteração ou destruição do habitat da fauna ou obstrução do seu movimento;

- A alteração ou perda da vegetação marginal aos cursos e fontes d'água, com o consequente assoreamento desses rios e fontes;
- A maior incidência de doenças transmitidas ou relacionadas com a água e;
- As mudanças no estilo de vida das populações locais.

#### ❖ Características físico-químicas do solo

O solo é componente importante no desenvolvimento das atividades rurais, onde as suas principais características influenciam nas formas de seu uso e ocupação e na interação entre o ambiente terrestre, aquático e atmosférico. A depender do tipo de solo observado nas áreas de produção o agricultor terá que corrigir as características na busca pelas condições ideais para as atividades que irá exercer (DIAS; BRÍGIDO; SOUZA, 2013). Ramos, Bassoi e Zimback (2014) complementam apontando que:

O conhecimento da variabilidade espacial das propriedades físicas do solo, em particular as relacionadas à distribuição granulométrica, que influenciam o fluxo superficial e o movimento de água no solo, contribuem na definição de melhores estratégias para o manejo sustentável do solo e é fundamental para o planejamento ambiental.

As diversas características físico-químicas do solo vão influenciar para a intensificação ou atenuação dos processos erosivos, além de influenciar na composição mineral das águas nas bacias. Características dos solos como a profundidade efetiva, a textura, o pH, o teor de matéria orgânica, a taxa de infiltração da água, a agregação e a dispersão do solo, a resistência à penetração, a densidade aparente, entre outros, são indicadores físicos e químicos intimamente relacionados aos processos hidrológicos da microbacia (ATTANASIO, 2004; MACEDO; CAPECHE; MELO, 2009).

#### ❖ Condições climáticas

Diversos autores, como Alvarenga e outros (2012), Botelho (1999), Fernandes (2009), Liang e outros (2013) e Toledo e Nicolella (2002), têm apontado ao longo dos anos a influência das condições climáticas sobre os recursos hídricos, causando alterações na qualidade e na quantidade da água nos corpos hídricos. Segundo Botelho (1999) a análise de dados climáticos como a temperatura média anual, temperaturas máximas e mínimas médias anuais e a distribuição de precipitação, revelam informações importantes como o período de maior potencialidade erosiva

das chuvas, o risco de estiagens e geadas, que auxiliam no planejamento das atividades agrícolas, atenuando seus impactos decorrentes.

Para ANA (2012) os eventos naturais extremos, como os períodos de secas prolongadas e de chuvas intensas, colaboram para a deterioração da qualidade das águas. A drástica diminuição da vazão de diversos corpos d'água em períodos de estiagem vem incorrendo em problemas de abastecimento, entre outros.

#### ❖ Condição das estradas vicinais

Importantes para o escoamento da produção rural, as estradas vicinais são um dos principais fatores causadores de erosão nas áreas agrícolas. Questões como a má localização das estradas, péssimas condições de conservação e a falta de estruturas de retenção de enxurradas faz com que a água das chuvas acumule em grande volume em determinados pontos, ganhando velocidade, aumentando o seu potencial erosivo e os impactos na bacia e nos recursos hídricos (MACEDO; CAPECHE; MELO, 2009).

Segundo Attanasio (2004) sempre que possível as estradas rurais devem estar localizadas nos divisores d'água, de forma a distribuir adequadamente as águas pluviais e atenuar os riscos da erosão. Em alguns casos, a relocação de trechos das estradas rurais ou a mudança de seu traçado se mostra como medida mais adequada para a diminuição e até a eliminação dos problemas de degradação dos recursos naturais, em especial em áreas sensíveis como as zonas ripárias. Outra medida importante é a adequação das estradas através do abatimento de taludes, obras de drenagem, revestimento primário e a implantação, onde não houver, de um manejo integrado do solo e da água nas propriedades rurais adjacentes a essas estradas rurais.

#### ❖ Práticas conservacionistas

As práticas conservacionistas de água e solo são utilizadas com o intuito de preservar os nutrientes e a fertilidade dos solos, diminuindo a ação de processos erosivos e a consequente perda de solo, e também de diminuir os impactos na qualidade das águas advindos das atividades agrícolas, auxiliando na conservação da água no solo e contribuindo para aumentar a recarga do lençol freático e para a

manutenção das vazões nos cursos d'água (DIAS; BRÍGIDO; SOUZA, 2013; PRADO; TURETTA; ANDRADE, 2010; XAVIER, 2005.).

Macedo, Capeche e Melo (2009) afirma que o planejamento das práticas conservacionistas deve ser realizado por técnicos atuantes na área agrícola, levando em consideração a caracterização ambiental e o planejamento de uso do solo na propriedade. A execução dessas ações é essencial para a obtenção de melhores rendimentos na exploração das culturas e na produtividade por unidade de área plantada. Barbosa (2009) e Xavier (2005) alertam que a realização de atividades agrícolas sem a adoção de práticas conservacionistas, desrespeitando as características naturais locais, causam sérios danos aos recursos hídricos.

❖ Presença de animais próximos a recursos hídricos

O livre acesso de animais, principalmente o gado, às margens dos cursos d'água, lagos e açudes apresenta um grande risco de contaminação das águas. Os dejetos desses animais apresentam altas concentrações de coliformes termotolerantes e de nutrientes, como o fósforo e o nitrogênio, sendo uma fonte de poluição hídrica nas bacias hidrográficas. Outra questão importante é que o pisoteio do gado no caminho até as margens dos cursos d'água acaba por eliminar a vegetação e compactar o solo formando 'trilheiros' que intensificam os processos erosivos que acabam por carrear, durante as enxurradas, os dejetos depositados aleatoriamente nas áreas de pastagens até os recursos hídricos. A prática da supressão das matas ciliares de modo a facilitar o acesso dos animais à água, muito comum em bacias rurais, além de irregular corrobora para a ocorrência dessa situação e dos seus consequentes impactos na qualidade da água (DIAS et al., 1999; VIEIRA et al., 2012).

❖ Presença de APP's e cobertura florestal

A manutenção da cobertura florestal e das áreas de preservação permanente – APP nas bacias hidrográficas é satisfatória e apresenta funções ambientais como a conservação da flora, da fauna, dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, além de prevenir a erosão dos solos, o assoreamento dos rios e assegurar o bem estar das populações humanas (BARBOSA, 2009; SILVA et al., 2012). Segundo Schneider e Costa (2013) as áreas florestadas também ajudam a regular o microclima e atuam na manutenção da qualidade e quantidade das águas

nas bacias hidrográficas, justificado, conforme apontado por diversos autores como Fernandes (2009), Queiroz e outros (2010) e Sopper, (1975, apud ARCOVA; CICCIO, 1999), por conta de favorecerem a infiltração da água no solo, diminuírem o escoamento superficial, a erosão dos solos, o carreamento de sedimentos e nutrientes para o sistema aquático e a elevação da temperatura da água. Kobiyama (2000, apud SAGARA, 2001) ainda aponta como benefícios a diminuição do pico do hidrograma, a atenuação da poluição atmosférica, o fornecimento de oxigênio e absorção do gás carbônico, a prevenção contra a ação dos ventos e ruídos, a recreação e educação e a produção de biomassa.

#### ❖ Qualidade da água para irrigação

A deterioração das fontes de água utilizadas nas atividades de irrigação pode provocar impactos nos solos, nos sistemas de irrigação e na própria produção agrícola, com consequências aos recursos hídricos e ao faturamento dos agricultores a longo prazo (BRAGAGNOLO; PAN, 2000; FRANCO; HERNANDEZ, 2012).

O uso de águas com alta concentração de coliformes termotolerantes na irrigação pode levar a contaminação de alimentos, comprometendo a qualidade dos produtos, transformando, especialmente aqueles consumidos crus, em veículos de transmissão de uma série de doenças, situação essa que apresenta grande risco para a saúde dos consumidores (BERALDO, 2010).

Já a ocorrência de concentrações altas de sais e íons pode alterar a taxa de infiltração dos solos, a fertilidade natural dos solos, a retenção de umidade, a relação de macro e micro poros, a solubilidade de fertilizantes entre outras características físico-químicas do solo que podem favorecer a erosão dos solos, o escoamento superficial levando a impactos nos recursos hídricos (COSME et al., 2013; PRADO; TURETTA; ANDRADE, 2010).

Fioravanti e outros (2004) apontam que a presença de íons de cálcio, magnésio e ferro e concentrações elevadas de sólidos dissolvidos podem obstruir as tubulações e os emissores usados nos sistemas de irrigação. Com relação ao pH, valores muito baixos, meio ácido, podem provocar a solubilização e a liberação de metais dos

sedimentos, alterar a concentração de fósforo e nitrogênio e ainda dificultar a decomposição da matéria orgânica, enquanto que valores altos, meio básico, podem ser prejudiciais para sistemas de fertirrigação, pela insolubilização dos fertilizantes.

Com todos os riscos associados à utilização de água de baixa qualidade na irrigação Beraldo (2010) destaca a importância da realização de ações de fiscalização e controle visando à saúde pública e a minimizar ou controlar as fontes de contaminação.

#### ❖ Relevo

O relevo das bacias hidrográficas é um fator que influencia muito nos impactos dos usos e formas de ocupação do solo nos recursos hídricos. A declividade e o comprimento das vertentes são características do relevo que afetam o escoamento superficial. Em áreas de grande declive e comprimento de vertente há uma maior energia potencial que promove o aumento da velocidade do escoamento superficial provocando e intensificando a erosão do solo e o carreamento de produtos químicos usados na agricultura para os cursos d'água (BARBOSA, 2009; BOTELHO, 1999; PICOLO, 2005; ZONTA et al., 2012).

### **3.2.2 Fatores socioeconômicos**

#### ❖ Subdivisão familiar

O crescimento das famílias que vivem no meio rural muitas vezes impõe a subdivisão frequente das propriedades e das terras produtivas. O uso, ocupação e parcelamento do solo de forma inadequada e desordenada provoca a exploração excessiva dos recursos naturais, especialmente quando não são consideradas as orientações técnicas e as limitações do meio ambiente, levando ao rápido desgaste dos solos, a graves impactos ambientais e alterações na paisagem natural, prejudicando a todos (BARBOSA, 2009; DIAS et al., 1999).

#### ❖ Credito rural

O credito rural, importante para muitos produtores rurais, pode influenciar para a diminuição dos impactos causados pelos usos do solo na agricultura. Essencialmente isso ocorre quando a liberação dos créditos está atrelada à adoção

de práticas de conservação de solo e água ou ações de recuperação do meio ambiente, como nascentes e APP's, entre outras, ou quando são concedidos benefícios e créditos extras para os agricultores que adotarem tais práticas. Nessa linha podem ser incluídos os programas governamentais de pagamento por serviços ambientais, os mecanismos de desenvolvimento limpo, os Programas para Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação, entre outros (PRADO, 2012; RAMOS; MARTHA JUNIOR, 2010).

❖ Presença de cooperativas e associações

A participação da comunidade local é ponto estratégico para o êxito das iniciativas de recuperação ambiental, diminuição e atenuação dos impactos observados nos recursos hídricos das bacias hidrográficas. A presença de cooperativas e associações nessas regiões é então um fator benéfico, uma vez que agregam pessoas em torno de um objetivo comum, facilitando a transmissão de conhecimentos técnicos, políticos, ambientais, culturais, entre outros. A Participação da sociedade promove a tomada de consciência sobre a corresponsabilidade de cada indivíduo, ampliando e potencializando os resultados das diversas ações nas bacias hidrográficas (ABREU et al., 2011; BERTOL et al., 2016).

❖ Produtividade e produção das culturas

Um dos principais interesses dos agricultores no meio rural está na produtividade e na qualidade da produção de suas lavouras. Esses dois componentes representam diretamente o rendimento das terras que, junto com outros componentes, determinam a qualidade de vida da comunidade rural (ATTANASIO, 2004).

A exploração intensiva dos recursos naturais e o uso excessivo de insumos na busca pelo aumento da produtividade e da produção pode causar graves impactos, se as bases ecológicas do sistema não forem mantidas ou favorecidas, tanto ao meio ambiente quanto à sustentabilidade da produção a longo prazo. A erosão das camadas superficiais do solo e o declínio da diversidade da biota do solo são alguns dos indicadores de que o agrossistema está se tornando improdutivo, ao passo que os nutrientes e os insumos neles aplicados são carregados para as águas, causando poluição hídrica. Porém é importante destacar que a sustentabilidade dos sistemas é determinada por uma diversidade de parâmetros ecológicos que interagem entre

si. Por conta disso a análise isolada de alguns parâmetros pode levar a conclusões incorretas. De todo modo, é possível aumentar a produtividade e a qualidade da produção sem causar impactos nas bases ecológicas dos agrossistemas e aos recursos hídricos, principalmente pela adoção de técnicas mais eficientes nos usos da água, dos insumos e na adoção de técnicas de conservação de solo e água (ATTANASIO, 2004).

❖ Qualificação do trabalhador rural

A qualificação do trabalhador rural influencia no seu trato com o solo, com os agrossistemas e com o meio ambiente. Uma vez que é comum que os agricultores tenham escassas informações técnicas, em especial sobre o manejo do solo e das águas, bem como noções de saúde e saneamento básico, os programas de incentivo e qualificação do trabalhador rural exercem uma grande função social e ambiental, uma vez que permitem a esses a obtenção de conhecimentos, a conscientização sobre os impactos das atividades rurais e a necessidade de preservar o meio ambiente (DIAS et al., 1999).

Em sua pesquisa Schneider e Costa (2013) realizaram entrevistas com diversos agricultores que apontaram dificuldade em conseguir mão de obra para executar o manejo dos agrossistemas, essencialmente por dois motivos: a dificuldade de encontrar mão de obras capacitada para o manejo e os altos custos com as despesas de se manter um trabalhador com vínculos empregatícios. Dessa forma os agricultores não têm alternativa a não ser contratar trabalhadores sem ou com baixa capacitação.

❖ Renda per capita

A renda per capita tem influencia sobre diversos aspectos da vida e do trabalho no campo. Em se tratando das atividades agrícolas a renda do agricultor, função da produção e do tamanho da propriedade, é determinante para a adoção de práticas de conservação de água e solo, manejo das culturas, estruturas de controle da erosão, sistemas de irrigação eficientes, entre outras, que vão contribuir para atenuar os impactos causados nos recursos hídricos e no meio ambiente (DIAS et al., 1999; SILVA; MATTOS, 2013).

Assim que o agricultor tem a possibilidade de investir maiores recursos em suas atividades ele passa a buscar formas de aumentar a produtividade das suas culturas, conseqüentemente sua produção. Na maioria das situações serão empregadas técnicas agrícolas modernas externas à propriedade, tais como: sementes melhoradas, máquinas agrícolas, combustíveis fósseis, fertilizantes, agrotóxicos. Muitos desses aumentam o risco ambiental das atividades, especialmente em relação à degradação, contaminação e o desequilíbrio dos agroecossistemas (DIAS et al., 1999).

#### ❖ Saneamento básico

A existência e a garantia do saneamento básico nas regiões rurais é extremamente relevante para a saúde das comunidades, a proteção do meio ambiente, dos recursos hídricos e para o desenvolvimento sustentável (DIAS; BRÍGIDO; SOUZA, 2013; SANTOS JUNIOR, 2011).

Santos Junior (2011) faz um apontamento importante sobre o tema, indicando que:

Historicamente o Saneamento Ambiental não foi priorizado no momento da formulação de políticas públicas e nem pelo setor privado da economia nas suas ações, acarretando insuficiência ou deficiência do mesmo. Tal fato agrava-se pela desinformação e falta de Educação Sanitária da população, visto que a mesma ainda encontra-se incorporada a hábitos e práticas sanitárias inadequadas.

Na ausência de sistema de esgoto sanitário, a coleta e o tratamento adequados dos efluentes domésticos são dependentes das ações da família rural, que muitas vezes improvisam estruturas precárias, como as fossas negras, quando não são direcionadas diretamente aos corpos hídricos, causando a contaminação das águas subterrâneas e superficiais (BALDISSERA; ZAMPIERI; BAMPI, 2011; SOUSA et al., 2016). Segundo Schneider e Costa (2013) “tais práticas de destino são inadequadas, uma vez que causam a contaminação do solo e da água por coliformes fecais, promovendo a proliferação de doenças de veiculação hídrica tais como a hepatite tipo A, giardíase, amebíase e ascaridíase”, principalmente as famílias que se abastecem de poços rasos ou diretamente dos cursos d’água.

A falta de saneamento básico pode agravar a deterioração dos recursos hídricos com repercussão na saúde humana, com o aumento da mortalidade infantil e das

internações hospitalares, sem contar os impactos econômicos relacionados à recuperação dos corpos hídricos e as atividades agrícolas, que podem ser impactadas pela inviabilização do uso das águas na irrigação (BARBOSA, 2009; REIS, 2006).

### 3.2.3 Fatores institucionais

#### ❖ Benfeitorias e serviços públicos

A construção e manutenção de benfeitorias públicas e comunitárias e a garantia de acesso aos serviços públicos nas bacias hidrográficas rurais promovem a melhoria da qualidade de vida e a ocorrência de encontros da comunidade, que levam a troca de informações e experiências, além de facilitar e potencializar a atuação das instituições. Outra questão importante decorrente da mesma situação é a facilitação do escoamento da produção. Todos esses benefícios acarretam de forma indireta na diminuição dos impactos do uso e ocupação do solo no meio rural (FEIDEN et al., 2011; SILVA et al., 2012).

No cenário inverso, onde não há garantias de acesso aos serviços públicos e as benfeitorias encontram-se em péssimo estado de conservação, quando não inexistente, percebe-se a deterioração de aspectos socioeconômicos das comunidades, com consequências indiretas nos impactos observados no meio ambiente (FEIDEN et al., 2011; SILVA et al., 2012).

#### ❖ Educação ambiental

A educação ambiental tem sido uma temática difícil de ser inserida na vida cotidiana, por ser transmitida aos produtores a partir da percepção limitada sobre o assunto, por membros de diversos grupos sociais, como uma realidade inacessível inatingível (BARBOSA, 2009).

Para Sousa e outros 2016, para preservação dos recursos hídricos é necessário que as instituições façam um trabalho de educação direcionado. Muitos dos produtores trazem conhecimentos antigos, sendo resistentes às mudanças propostas por técnicos e gestores ambientais, que visam diminuir os impactos de suas atividades nos recursos hídricos. Neste sentido é fundamental que as ações informativas

atingam amplamente a população por meio de palestras, ações em escolas e oficinas que tem potencial de promover mudanças comportamentais em relação ao modo que o homem do campo lida com a natureza e o meio ambiente (ATTANASIO, 2004; SOUSA et al., 2016).

A participação da comunidade nas ações de educação ambiental traz benefícios para a população local pelo envolvimento dos mesmos nas atividades de preservação dos aspectos ambientais e culturais, conscientização de forma participativa e promoção da saúde na região. Além da preservação ambiental, a possibilidade do aumento da renda familiar também é um aspecto fundamental que a atuação comunitária pode trazer por conta da educação para a profissionalização (BARBOSA, 2009).

#### ❖ Estado como agente incentivador

A presença do estado nas áreas rurais como agente incentivador é muito importante para a preservação dos recursos hídricos e do meio ambiente, principalmente por programas de adoção de práticas de conservação de água e solo, de sistemas de irrigação mais eficientes, de recuperação de nascentes e APP's, pagamentos por serviços ambientais, entre outros. Dentre as diversas formas de incentivo aos produtores rurais, o incentivo financeiro é fundamental, mas tal repasse de verba precisa ser transparente e complementar a recursos de outras fontes, tendo em vistas que os próprios produtores também podem contribuir. Apesar disso não é possível garantir que os produtores prossigam com as atividades e com práticas após o fim dos programas. Apesar disso, o legado dos programas e a conscientização provocada acabam por trazer benefícios a médio e longo prazo para os recursos hídricos e o meio ambiente das bacias hidrográficas (ATTANASIO, 2004; EROL; RANDHIR, 2013; PARANÁ, 2014; PRADO, 2012).

#### ❖ Presença fiscalizadora

No Brasil os trabalhadores rurais possuem dificuldades de compreender e cumprir as leis que são complexas, muitas vezes por desconhecerem a sua existência ou por falta de efetividade do estado em fazer cumprir as leis. Além destas dificuldades, muitos dos produtores são resistentes a adotar as medidas cabíveis aos seus processos de trabalho, o que leva a concluir que é necessária a adoção de medidas

complementares para que o cumprimento das leis seja mais efetiva (PARANÁ, 2014).

É importante que o estado atue como agente fiscalizador para evitar a ocorrência de práticas ilícitas no uso das águas, na aplicação de agrotóxicos, no manuseio de equipamentos e maquinas para esses ou quaisquer outros processos que podem degradar o meio ambiente, podendo os órgãos atuantes intervir por meio de punições, com risco de ocorrência de sanções administrativas e judiciais, ocasionando em multas, no dever de recuperar os danos causados e até em prisão. Essa presença fiscalizadora com esse tipo de coerção tende reduzir as práticas nocivas ao meio ambiente por parte do que foi punido e de terceiros que estão nas proximidades (BRAGA, 2005).

#### ❖ Presença técnica

A presença das instituições que fornecem apoio técnico aos produtores rurais é essencial para que as atividades agrícolas sejam executadas adequadamente inibindo e atenuando os impactos causados no meio ambiente e nos recursos hídricos. Ações sem a devida orientação técnica como o manuseio de maquinas, a aplicação de agrotóxicos, a aplicação de fertilizantes, o manejo das culturas, a instalação dos sistemas de irrigação, entre outras, apresentam riscos ao trabalhador, ao solo, às águas superficiais e subterrâneas e até à produção das lavouras e plantações (BARBOSA, 2009; DIAS et al., 1999)

Schneider e Costa (2013) apontam que é comum que os agricultores não contem com o acompanhamento de um engenheiro ou técnico agrícola na execução de ações relacionadas às atividades agrícolas, como a aplicação de agrotóxicos. Muitos deles recebem orientações dos balconistas das casas de vendas de produtos, que são convencidos a adquirir mais produtos químicos para administrar em suas lavouras, muitas vezes aumentando os custos, a quantidade de agrotóxicos utilizados e os riscos ao solo e aos recursos hídricos.

### 3.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA

O conhecimento de ferramentas e métodos de avaliação dos recursos hídricos e dos impactos causados pelos usos e formas de ocupação dos solos é um fator de relevância no desenvolvimento de estudos ambientais. Por conta disso faz-se importante a sua identificação e caracterização.

Muitos estudos têm se utilizado de metodologias do campo da Avaliação de Impacto Ambiental – AIA, que avaliam os impactos dos empreendimentos e atividades econômicas sobre o meio ambiente, na avaliação de impacto dos usos e ocupações do solo sobre os recursos hídricos. Autores como Adôrno e outros (2011), Barbosa (2009), Cerqueira (2001), Fernandes e outros (2002), Fleck, Tavares e Eyng (2013), Galharte (2007), Martins (2014), Minoti (2006), Paiva (2008), Pereira (2010), Perin (2013), Ramos e outros (2009), Santos (2009), Schultz, Souza e Santos (2010), Souto e Crestana (2000), Spadotto e outros (2012), Tercini (2014) têm demonstrado as possibilidades de utilização das metodologias de AIA a esse tipo de estudo, revelando também, a suas adequações a escala de PMBH.

A descrição das diversas metodologias de AIA, com a apresentação de suas características, pontos positivos e limitações, é assunto recorrente na literatura, tendo sido exaustivamente apresentada por diversos autores, a citar, dentre outros, Costa, Chaves e Oliveira (2005), Cremonez e outros (2014), Cunha e Guerra (2012), Finucci (2010), Fogliatti, Filippo e Goudard (2004), Galharte (2007), Lopes (2012), Moraes e D´Aquino (2016), Stamm (2003). Tais autores apontam que existem diferentes linhas metodológicas desenvolvidas, dentre outras, a contar:

- Metodologias espontâneas;
- Listagens;
- Matrizes de interação;
- Redes de interação;
- Metodologias quantitativas;
- Modelos matemáticos de simulação;
- Métodos cartográficos;
- Métodos de projeção de cenários.

Além das metodologias de AIA, existem outras que são utilizadas na realização desses estudos. Uma das mais comuns aplicadas em PMBH é o Monitoramento. Essa metodologia é usada para acompanhar a variação temporal e espacial de características naturais das bacias hidrográficas ou não naturais, relacionadas às ações antrópicas e a questões socioeconômicas das comunidades. Ela tem como pontos positivos a simplicidade, a facilidade de execução e o grande potencial de auxílio no planejamento ambiental, se destacando também como ferramenta de apoio na aplicação das mais diversas metodologias de avaliação de impacto. Por conta dessas e de outras questões o monitoramento se destaca como uma das metodologias mais utilizadas na avaliação dos impactos do uso e ocupação sobre os recursos hídricos (ATTANASIO, 2004; CERQUEIRA, 2001; PERIN, 2013).

Segundo Cunha e Guerra (2012) e Moraes e D'Aquino (2016) apesar de existirem diferentes metodologias passíveis de aplicação em estudos de avaliação de impacto atualmente na literatura, não existe, porém, um método que atenda a todas as circunstâncias e peculiaridades dos ambientes e atividades avaliadas. Muitas vezes torna-se necessária a adaptação ou fusão entre duas ou mais metodologias.

É importante destacar que muitos dos métodos usados nas avaliações de impacto apresentam caráter subjetivo e uma aplicação definida. Sendo assim, o processo de seleção de um método deve considerar fatores e critérios bem definidos, tendo como alguns exemplos: a disponibilidade de dados, de tempo, de recursos técnicos e financeiros, além dos requisitos legais dos termos de referência, e características das atividades impactantes, quando aplicáveis (CREMONEZ et al., 2014; MORAES; D'AQUINO, 2016).

### 3.4 ANÁLISE MULTICRITERIAL

O caminho para solução de problemas ambientais, em geral, envolve diversas tomadas de decisão, que podem depender da escolha entre diferentes alternativas, da ponderação da importância entre os diferentes critérios de avaliação ou da análise de conflitos implicados na decisão (COSTA, 2015).

Em essência, quando existem vários atributos a serem avaliados e medidos em diferentes escalas para a comparação entre alternativas, a análise assume o caráter multicriterial. Na análise multicriterial são considerados não só os critérios puramente econômicos e financeiros, como ocorre na abordagem tradicional, mas também critérios socioeconômicos e ambientais (POMPERMAYER, 2003).

Nunes (2015) aponta que o uso da análise multicriterial é comum a diversas áreas do conhecimento, mas acaba sendo mais utilizada por áreas como engenharia, administração, saúde e meio ambiente (Quadro 1). Segundo Chakhar e Mousseau (2008, apud COSTA, 2015) a análise multicriterial está presente em diversos estudos, como: o planejamento e gestão do ambiente; a alocação de recursos financeiros e de bens; a adequação do uso da terra, em especial, relacionada à avaliação de impactos ambientais; na área de transporte, indicando roteiros de caminhos; na área de planejamento urbano regional, visando ao planejamento de expansão urbana e alocação de recursos; na área de silvicultura e agricultura, para identificação de aptidões agrícolas, entre outros.

Quadro 1 – Distribuição do uso de métodos de análise multicriterial por área de conhecimento

<b>Área de Conhecimento</b>	<b>% Participação</b>
Engenharia	28%
Administração	16%
Saúde	16%
Meio Ambiente	13%
Engenharia Naval	6%
Acadêmica	3%
Administração	3%
Agricultura	3%
Automobilística	3%
Financeira	3%
Petróleo e Gás	3%
Saúde Suplementar	3%
<b>Total Geral</b>	<b>100%</b>

Fonte: (NUNES, 2015)

Tomadas de decisões são essenciais ao longo da vida, tanto no âmbito pessoal quanto no profissional. Na maioria das situações cotidianas, os gestores se deparam com problemas que requerem uma tomada de decisão envolvendo diversas alternativas e critérios. Ressalta-se a importância de serem considerados na análise

e equacionamento da solução de situações, critérios socioeconômicos, políticos, culturais e psicológicos. Geralmente ignorados por muitos métodos de tomada de decisão, devido a serem, na maior parte das vezes, equacionados em variáveis qualitativas por meio de julgamentos subjetivos, esses critérios podem ser até mais importantes do que muitos critérios quantitativos, visto que refletem o conhecimento humano sobre o estudo em questão. Dessa forma, fica clara a necessidade de se considerar durante o processo da tomada de decisão a realização de uma análise sistemática e abrangente, com base em variáveis quantitativas e qualitativas (BUYUKYAZICI; SUCU, 2003, apud LOURENCO, 2011; SCHRAMM; MORAIS, 2008).

Para Gomes, Gomes e Almeida (2009), a tomada de decisão, frequentemente, deve atender a múltiplos objetivos, onde as consequências de cada decisão nem sempre podem ser corretamente identificadas, o que torna essa tarefa difícil de ser realizada. Essas circunstâncias tornam o ambiente da decisão complexo, fazendo com que os decisores busquem ferramentas e técnicas desenvolvidas com o propósito de auxiliar no processo de tomada de decisão. Essas ferramentas e técnicas são denominadas de métodos multicritério de apoio à decisão ou métodos de análise multicriterial (SCHRAMM; MORAIS, 2008).

Nesses métodos, as alternativas elencadas para a solução das situações, são avaliadas sobre a perspectiva de um número de critérios definidos, onde a avaliação realizada em cada critério propicia a uma ordenação diferente para as alternativas. Desse modo é necessária a adoção de uma ferramenta capaz de construir uma ordenação geral de preferências, logo, uma classificação de recomendação das alternativas. Em geral, os métodos de análise multicriterial utilizam a mesma ferramenta principal, a matriz de decisão, que apresenta o desempenho das alternativas em cada critério e o desempenho geral (KAHRAMAN, 2008, apud LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013; SALOMON, 2002, apud SILVA SOBRINHO et al., 2011).

O resultado obtido com a aplicação de um método de análise multicriterial não aponta uma solução definitiva para o problema, representada pela alternativa de maior pontuação. Ao invés disso ele visa, sim, apoiar o processo decisório com a

apresentação de uma ordem de recomendação que esteja em sintonia com as preferências expressas pelo decisor (GOMES; GOMES; ALMEIDA, 2009; LOPES; ALMEIDA, 2008).

Segundo Rossoni e Meireles (2011), o campo de investigação sobre os processos de tomada de decisão multicritério é vasto, muito por conta da grande variedade de modelos desenvolvidos dentro da teoria da decisão. Consequentemente, tem se constituído numa importante área de estudo a comparação entre os diversos métodos de análise multicriterial em função da sua assertividade na tomada de decisão. Para Alves (2003), a demanda por esses estudos ocorre por conta dos métodos multicritérios possuírem grande diversidade de técnicas para análise de alternativas e critérios, bem como por permitirem o envolvimento de diversos atores envolvidos na situação em análise e na tomada de decisão. Nos casos que envolvem os recursos hídricos podem ser considerados como atores os produtores rurais, usuários da água, órgãos ambientais, agências reguladoras, especialistas, organizações não governamentais, entre outros.

Ainda que os estudos comparem os diferentes métodos de análise multicriterial, os resultados obtidos por esses demonstram que não existe um método que se destaque dos outros em todos os contextos de decisão envolvendo múltiplos critérios. O processo de seleção de um método de análise multicriterial abrange a avaliação de muitos fatores, como a característica do problema, o contexto da situação, e a estrutura de preferência do decisor. Sendo assim, se faz importante que o analista de decisão, facilitador, possua conhecimentos suficientes para determinar a melhor metodologia a ser aplicada, levando em conta as características da decisão que será tomada (GOES FILHO, 2012).

Autores como Caiado e outros (2016), Lourenco (2011), Rossoni e Meireles (2011), Silva (2011) e Vilas Boas (2006) apresentam e analisam a vasta gama de métodos de análise multicriterial que têm sido propostos na literatura. Dentre esses cabe destacar o método da análise hierárquica ou AHP (Analytic Hierarchy Process), a análise de rede ou ANS (Analytic Network Process), o raciocínio baseado em casos ou CBR (do inglês Case-Based Reasoning), a análise envoltória de dados ou DEA (Data Envelopment Analysis), o ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la

Réalité), a teoria dos conjuntos Fuzzy, o MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique), o PROMETEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), o método SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique) e seus híbridos e o TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution).

### **3.4.1 Método de análise multicriterial SMARTER**

O método de análise multicriterial SMARTER (Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings), proposto por Edwards e Barron (1994), da família do método SMART, é uma simplificação da teoria MAUT (Multi-attribute Utility Theory), descrita em Keeney e Raiffa (1976), sendo desenvolvido para a obtenção das utilidades multiatributo e o estabelecimento de uma pré-ordem completa entre as diversas alternativas por ele analisadas.

O SMARTER se diferencia dos demais, principalmente, na etapa de definição dos pesos dos critérios, onde são utilizados valores pré-determinados, chamados de pesos ROC (Rank Order Centroid weights), para a sua determinação. Os critérios terão seus pesos definidos a partir do ordenamento dos critérios em função da sua importância relativa, simplificando a utilização do método (EDWARDS; BARRON, 1994).

Goodwin e Wright (2004) destacam que a simplicidade dos questionamentos para a obtenção das preferências do decisor, associada à robustez dos métodos de agregação aditivos, permite estruturar o problema e avaliar as alternativas de forma compreensível, transparente e sistemática. Essas características, associadas à relativa rapidez na aplicação, tornam o SMART e seus híbridos metodologias úteis e robustas para decisões em grupo, com diversas aplicações práticas.

Lopes e Almeida (2008) destacam a extrema facilidade de aplicação do método SMARTER, o qual não necessita de entrevistas na fase de determinação de preferências. Os autores ainda apontam que:

O método consegue extrair conclusões a respeito das alternativas sem a necessidade de atribuição, por parte do decisor, dos valores de pesos ou constantes de escala. Assim, a utilização do SMARTER é oportuna para

amenizar a dificuldade, quanto à subjetividade do problema, facilitando a elicitación de preferências, em relação aos trade-offs presentes na tomada de decisão. Deve ser considerado um conjunto enumerável e finito de alternativas, com um determinado número de critérios a serem abordados pelo decisor e, levando em conta, principalmente, que o decisor seja capaz de explicitar suas preferências, de acordo com a natureza compensatória do método.

Para utilização do método, os autores descrevem uma série de nove passos, descritos abaixo de forma sucinta. Para maiores detalhes destas etapas, consultar Edwards e Barron (1994).

### **Passo 1: Objetivos e os decisores**

Identificar o objetivo da elicitación dos valores, em outras palavras o objetivo da análise multicriterial, assim como, o (s) decisor (es), seja ele um indivíduo, uma organização ou várias organizações.

### **Passo 2: Definir a lista de atributos**

Essa etapa consiste em definir a estrutura ou lista de atributos (critérios de análise) potencialmente relevantes para o objetivo.

### **Passo 3: Identificar alternativas (objetos de avaliação)**

Nesse passo devem ser identificadas as alternativas ou objetos de avaliação. Se o objetivo da análise (Passo1) não especificar os objetos de avaliação, deve-se utilizar a estrutura de atributos definidas na etapa 2 para criá-los.

### **Passo 4: Matriz objetos x atributos**

Formular uma matriz para avaliação de objetos (alternativas) por atributos (critérios). A matriz deverá conter as reais avaliações (valores de variáveis que podem ser medidas fisicamente) das alternativas em função dos critérios, quando disponíveis. Se as medições ou valores não estiverem disponíveis, pode-se realizar a avaliação das alternativas em função do (s) critério (s) utilizando uma escala unidimensional, podendo ser qualitativa ou quantitativa.

### **Passo 5: Eliminar alternativas dominadas**

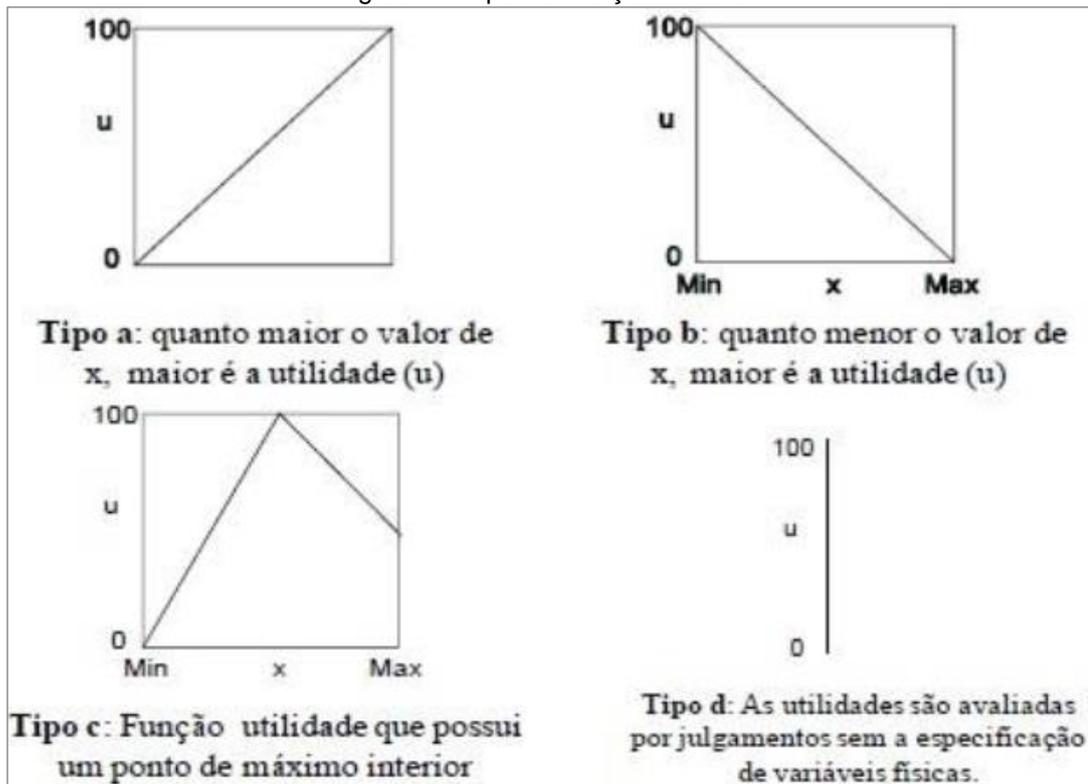
Eliminar alternativas ordinalmente dominadas. Dominância ordinal geralmente pode ser reconhecida por inspeção visual. As opções cardinalmente dominadas também devem ser eliminadas. O número de alternativas poderá ser reduzido desde que não

influencie na escala de atributos (não se altera a amplitude entre a menor e a maior pontuação dentro de um critério). Se a opção dominada eliminada afetar a escala de atributos, analise se o atributo é digno de ser considerado, se não for retorna-se ao passo 2 para eliminá-lo.

### **Passo 6: Obter as utilidades unidimensionais**

Esse passo consiste em reescrever as entradas da matriz de objetos x atributos convertendo as escalas de avaliação obtidas no passo 4 em novas escalas, uma para cada critério, onde, será atribuído 0 a alternativa com pior avaliação plausível possível e 100 a alternativa com a melhor avaliação plausível possível. As novas entradas da tabela são chamadas de utilidades unidimensionais (pontuações das alternativas em função dos critérios) e correspondem a uma escala cardinal que varia de 0 a 100. Para isso, testa-se inicialmente a linearidade das utilidades unidimensionais para cada dimensão (critério) nas quais pontuações físicas estão disponíveis. Edwards e Barron (1994) propõem quatro formas diferentes para determinar a função utilidade unidimensional, conforme Figura 1. Se o uso da linearidade como uma aproximação for justificável, utilizar a escala de classificação ou uma faixa mais ampla para especificar os limites inferior e superior das funções utilidade unidimensionais. Calcula-se as utilidades unidimensionais por meio de equações lineares para estas funções ou plotando as funções como gráficos e verificando os pontos de interesse na curva. Se as pontuações estiverem disponíveis, mas o teste de linearidade falhar, é possível utilizar qualquer método de elicitación para utilidades unidimensionais descritos em Von Winterfeldt e Edwards (1986).

Figura 1 – Tipos de função utilidade



Fonte: (EDWARDS; BARRON, 1994, apud CAIADO et al., 2016)

### Passo 7: Ordenação de importância dos atributos (critérios)

Nesse passo o decisor deve ordenar os atributos (critérios de análise) em função de sua importância para a tomada de decisão, do mais importante para o menos importante.

### Passo 8: Determinar as utilidades multiatributo (Pontuações finais das alternativas)

Primeiramente deve-se calcular o peso dos critérios com o auxílio da tabela fornecida em Edwards e Barron (1994) ou da equação apresentada a seguir, considerando a ordem estabelecida no passo anterior.

De forma genérica, se K é o número total de critérios (atributos), então o peso do k-ésimo critério é dado pela Equação 1:

$$w_k = \left(\frac{1}{K}\right) \sum_{i=k}^K \left(\frac{1}{i}\right) \quad (1)$$

Se  $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_k$ , então:

$$w_1 = (1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/k)/k$$

$$w_2 = (0 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/k)/k$$

$$w_3 = (0 + 0 + 1/3 + \dots + 1/k)/k$$

$$w_k = (0 + 0 + 0 + \dots + 1/k)/k$$

Dessa forma o critério de maior importância, primeiro da ordem, terá o maior peso, enquanto que os demais terão pesos com valores decrescentes, seguindo a sua ordem de importância. Caso o decisor considere necessário podem ser utilizados outros métodos para a determinação dos pesos dos critérios.

Esses pesos são identificados como Rank Order Centroid (ROC) weights. Os ROC weights conduzem a identificação da melhor opção entre 75 a 87% das vezes, dependendo dos detalhes da simulação. A perda no valor da utilidade global é abaixo de 2%. No pior caso, quando os pesos ROC não escolhem a melhor opção, eles não escolhem uma muito ruim. Por conta dessas questões os autores recomendam a sua utilização.

Após serem definidos os pesos dos critérios (pesos dos atributos), por meio do ROC weights, são calculadas as utilidades multiatributo (pontuações finais) de cada alternativa seguindo a Equação 2:

$$U_j = \sum_{k=1}^K w_k u_{jk} \quad (2)$$

Onde:

$U_j$  – É a utilidade multiatributo da alternativa  $j$ ;

$w_k$  – É o peso do  $k$ -ésimo critério;

$u_{jk}$  – É a utilidade unidimensional da alternativa  $j$  em função do critério (dimensão)  $k$ .

### **Passo 9: Decidir**

Realiza-se a tomada de decisão, seleção de alternativa.

## 4 METODOLOGIA

Neste capítulo serão abordados os procedimentos adotados para o desenvolvimento do presente trabalho. De forma geral a metodologia foi dividida em 3 seções, seguindo o apresentado nos objetivos.

### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DE FATORES RELACIONADOS AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO QUE CONTRIBUEM PARA A OCORRÊNCIA DE CENÁRIOS DE DESCONFORMIDADE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO AOS USOS OBSERVADOS DA ÁGUA

Foi realizada busca por referências bibliográficas que apresentassem como foco estudos ambientais realizados em PMBH rurais. As principais fontes consultadas foram livros, teses, dissertações, artigos, e relatórios técnicos.

Para o desenvolvimento do presente trabalho adotou-se como referência de pequena e microbacia hidrográfica rural, bacias de até 100 Km<sup>2</sup> e 50 km<sup>2</sup>, respectivamente (GALLINA, 2014; MINOTI, 2006; TAMIOSSO, 2012), que apresentem uso e ocupação do solo relacionado estritamente com o desenvolvimento de atividades rurais.

Após extensas pesquisas, foram selecionadas 76 referências bibliográficas para análise e identificação de informações no âmbito do objetivo específico 1, sendo essas apresentadas no APÊNDICE A, juntamente com informações que ajudam a caracteriza-las.

As referências selecionadas foram analisadas visando a identificação de 3 pontos:

1. Fatores relacionados ao uso e ocupação do solo que contribuem para a ocorrência de cenários de desconformidade da qualidade da água em relação aos usos da água;
2. Usos da água comumente observados em PMBH rurais;
3. Parâmetros de qualidade da água que comumente indicam a existência de cenário de desconformidade em PMBH rurais.

Além da análise realizada, as referências foram avaliadas em função da distribuição de seus locais de estudo, tendo em vista verificar se o conjunto de referências selecionado pode ser considerado representativo em função da diversidade de características ambientais que foram encontradas.

#### **4.1.1 Identificação de fatores relacionados ao uso e ocupação do solo em PMBH rurais**

Na presente seção realizou-se a análise das referências na busca por indicações ou apontamentos de fatores que podem influenciar nos impactos causados pelos usos e formas de ocupação do solo sobre os recursos hídricos em PMBH rurais. Foram considerados 'fatores' os aspectos/elementos (naturais e não naturais) relacionados direta ou indiretamente com os diversos tipos de uso e formas de ocupação do solo que podem afetar de alguma forma, seja direta ou indireta, na qualidade ou quantidade da água disponível na bacia, e, conseqüentemente, contribuir para a ocorrência ou eliminação de um cenário de desconformidade da qualidade da água. Tal consideração se baseou na realizada por autores como Nascimento (2011), Santos e Hernandez (2013), e Stolle (2008).

Os fatores identificados foram agrupados em 3 categorias, sendo elas de fatores Ambientais, Socioeconômicos e Institucionais. Autores como Attanasio (2004) Erol e Randhir (2013), LABGEST (2015) e Santos Junior (2011) utilizaram e destacaram a importância dessas categorias na realização de estudos ambientais, sua adoção no presente trabalho se deu em função disso.

No grupo dos ambientais foram incluídos todos os fatores que representam alguma característica do meio ambiente ou que influenciam ou alteram de forma direta o próprio meio ambiente. No grupo dos socioeconômicos foram incluídos os fatores relacionados a aspectos sociais e econômicos das comunidades rurais que influenciam na forma como o homem interage com a terra e o meio ambiente. Por fim, no grupo dos institucionais, foram incluídos os fatores relacionados às atividades das instituições, públicas ou privadas, no âmbito das PMBH rurais. Os fatores foram organizados em formato de quadro, relacionando cada um dos fatores às referências específicas que os citam.

#### **4.1.2 Identificação dos usos da água em PMBH rurais**

A identificação foi realizada de forma qualitativa, de modo a produzir uma lista com os principais usos da água comumente observados no âmbito das PMBH rurais estudadas pelas referências analisadas. Como forma de padronizar a apresentação dos resultados, tomou-se como base a classificação de usos preponderantes da água apresentados na Resolução CONAMA nº 357/05 para águas doces (CONAMA, 2005). Os resultados obtidos foram organizados em formato de tabela, sendo incluída a indicação das classes de qualidade, estabelecidas pela mesma Resolução, necessárias para o atendimento a esses usos.

A discussão dos resultados dessa identificação foi realizada no sentido de versar sobre os principais usos da água em PMBH rurais e sobre as suas peculiaridades e influências associada a essa escala de gestão.

#### **4.1.3 Identificação dos parâmetros de qualidade da água indicadores de cenários de desconformidade em PMBH rurais**

A identificação dos parâmetros de qualidade da água que comumente indicam a existência de cenários de desconformidade em PMBH rurais foi realizada de forma qualitativa, a partir da análise dos resultados de qualidade da água apresentados nas referências apontadas na seção 4.1, sendo os mesmos apresentados em formato de lista.

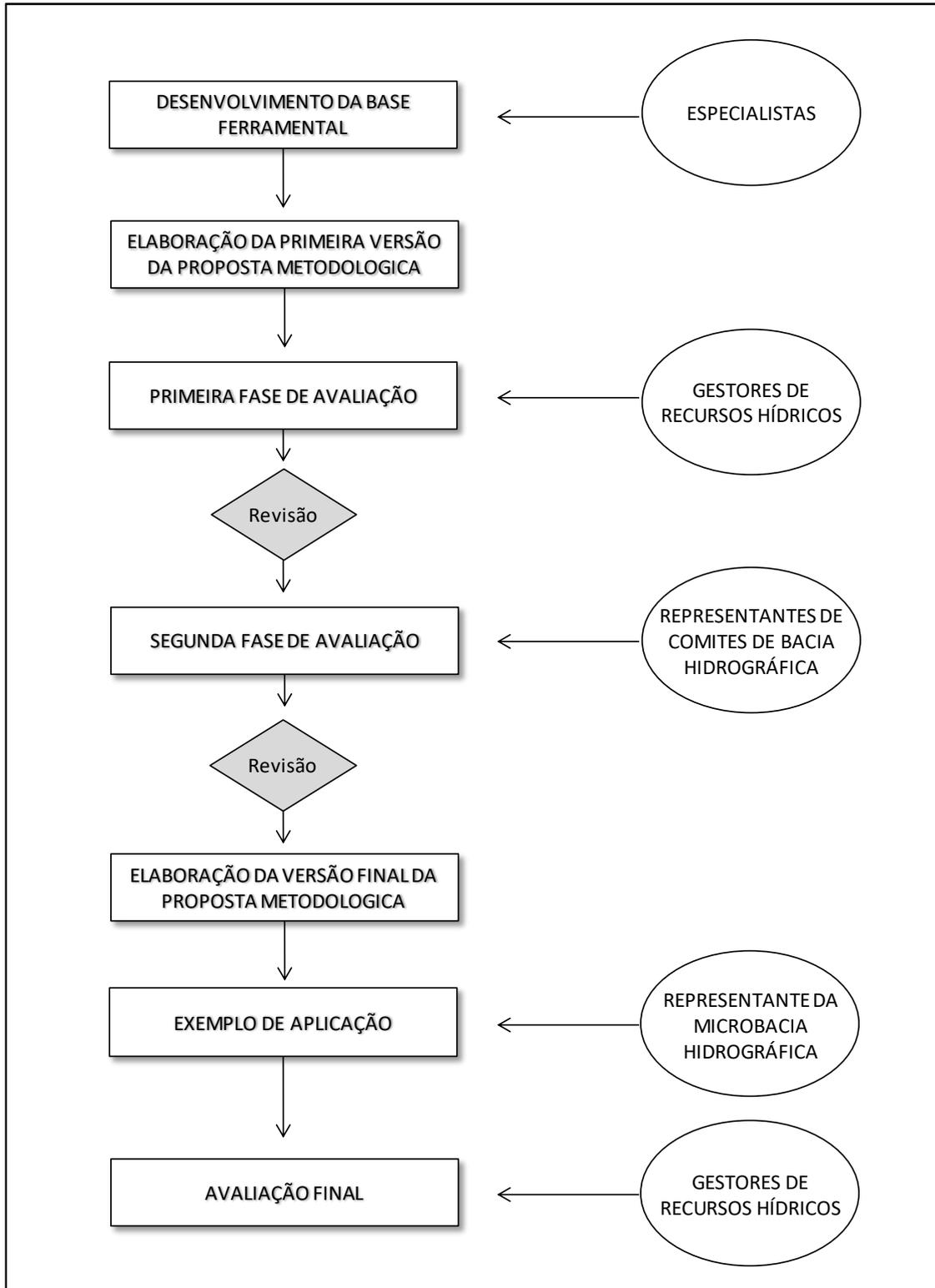
Nos estudos em que há a comparação dos resultados das análises de qualidade da água com a qualidade requerida pelos usos da água observados nas respectivas bacias em estudo e nos que comparam os resultados com os limites estabelecidos pela CONAMA nº357/05 apenas como referência, sem considerar os usos da água na bacia, foram identificados os parâmetros que os próprios autores apontam como indicadores de desconformidade, como o realizado por Baldissera, Zampieri e Bampi (2011), Gardiman Junior (2012), Grossi (2006), Medeiros e outros (2009), Pastro (2015), Pinto e outros (2009), Silveira (2011), Vieira (2015), Xavier (2005), entre outros.

Já nos estudos em que não há essa comparação, como por exemplo, os trabalhos de Bilich (2007), Fioravanti e outros (2004) e Folletto, Thum e Garcia (2014), utilizou-se como base para a identificação da existência de cenários de desconformidade da qualidade da água e dos respectivos parâmetros indicadores desses cenários, os limites apresentados para a classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/05. Tal consideração foi estabelecida por conta de as PMBH rurais alvo dos estudos analisados não apresentarem enquadramento de corpos hídricos, sendo realizada em consonância ao preconizado pela respectiva resolução para bacias nessa situação.

#### 4.2 PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA PARA AUXÍLIO NA SELEÇÃO DE MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA

Nessa seção são apresentados todos os passos realizados no desenvolvimento da proposta de metodologia para auxílio na seleção de método de avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na qualidade da água, desde a sua elaboração, passando pelas fases de avaliação, chegando à elaboração da versão final da proposta (Figura 2).

Figura 2 – Passos do desenvolvimento da proposta metodológica e participantes externos que auxiliaram no seu desenvolvimento



#### 4.2.1 Desenvolvimento da base ferramental utilizada na proposta metodológica

De forma a possibilitar a avaliação, comparativa, da adequação das diversas alternativas metodológicas, observadas na literatura, ao emprego em PMBH rurais, foi tomada como base para a construção da proposta metodológica a utilização de uma metodologia de análise multicriterial. Além do claro motivo de possibilitar a comparação das alternativas, a sua adoção levou em consideração, dentre outras, as vantagens apresentadas por Gomes, Gomes e Almeida (2009), relacionadas à sua facilidade de aplicação e a alimentação de dados a partir de julgamentos pessoais:

- Uso fácil por não especialistas;
- Constituiu-se em um método lógico e transparente;
- Engloba tanto critérios quantitativos como qualitativos;
- Os julgamentos de valor podem ser exercidos em escalas cardinais, verbais, ou visuais;
- Incorpora questões do comportamento humano nos processos de decisão.

Utilizou-se o método SMARTER como referência para o estabelecimento da estrutura da análise multicriterial adotada para o desenvolvimento da presente proposta metodológica, tendo sido realizadas adaptações e simplificações nos passos de aplicação do referido método. Essa medida foi adotada com o intuito de tornar a execução das tarefas mais simples e objetivas. A estrutura adotada é apresentada a seguir:

- ✓ **Passo 1.** Identificação do objetivo;
- ✓ **Passo 2.** Definição dos critérios;
- ✓ **Passo 3.** Definição das alternativas;
- ✓ **Passo 4.** Avaliação de alternativas em relação aos critérios;
- ✓ **Passo 5.** Avaliação da importância relativa de cada critério;
- ✓ **Passo 6.** Determinação da pontuação final de cada alternativa;
- ✓ **Passo 7.** Organização dos resultados.

O desenvolvimento da proposta metodológica partiu, então, da elaboração da análise multicriterial, tendo sido executados os passos 1 ao 4 de forma a construir as suas bases conceituais. Os passos 5, 6 e 7 que finalizam a aplicação da análise multicriterial, foram reservados como atividades práticas a serem realizadas quando da utilização da proposta metodológica desenvolvida, por parte dos futuros usuários.

✓ **Passo 1.** Identificação do objetivo

O objetivo desta análise multicriterial é selecionar método de avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na qualidade da água que mais se adequa ao emprego em PMBH rurais.

✓ **Passo 2.** Definição dos critérios

A definição dos critérios envolve a análise do objetivo estabelecido, de forma a levantar os aspectos mais relevantes para a tomada de decisão. Considerou que no processo de seleção de uma metodologia, objetivo da presente análise multicriterial, são levados em consideração 2 aspectos, as demanda por recursos e os resultados que podem ser alcançados, com a aplicação de cada alternativa. Com base nesses aspectos foram definidos 6 critérios de análise, sendo esses apresentados a seguir, juntamente com a descrição do que cada um avalia:

- ↳ Custo: Avalia o custo para a aplicação das metodologias;
- ↳ Tempo: Avalia o tempo necessário para a aplicação e obtenção de resultados das metodologias;
- ↳ Demanda de Conhecimentos Técnicos: Avalia a demanda de conhecimentos técnicos necessários para a aplicação das metodologias;
- ↳ Avaliação Ambiental: Avalia o quanto as metodologias podem entregar de resultado em uma avaliação de impactos do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos sob o aspecto ambiental;
- ↳ Avaliação Socioeconômica: Avalia o quanto as metodologias podem entregar de resultado em uma avaliação de impactos do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos sob o aspecto Socioeconômico, ou seja, como os fatores socioeconômicos influenciam o uso e ocupação do solo e seus impactos;
- ↳ Avaliação Institucional: Avalia o quanto as metodologias podem entregar de resultado em uma avaliação da influência dos fatores institucionais no uso e ocupação do solo e seus respectivos impactos nos recursos hídricos.

✓ **Passo 3.** Definição das alternativas

Inicialmente, foram levantadas em literatura técnica e científica as alternativas metodológicas passíveis de serem aplicadas na avaliação de impacto do uso e ocupação do solo na qualidade da água, em PMBH rurais. Para isso foram consultados livros, artigos, teses e dissertações. As alternativas identificadas foram organizadas em grupos de metodologias seguindo a classificação comumente observada em literatura e utilizada por autores como Cremonez e outros (2014), Cunha e Guerra (2012), Finucci, (2010), Fogliatti, Filippo e Goudard (2004), Galharte, (2007) e Lopes (2012). Vale considerar que no âmbito do presente trabalho considerou-se importante dividir a alternativa (grupo) dos ‘Modelos matemáticos’, também chamados de ‘Modelos de Simulação’, em ‘Modelos de Qualidade de Água’ e ‘Modelos Hidrossedimentológicos’, por conta de apresentarem grandes diferenças em termos de aplicação e resultados obtidos. Outra classificação considerada para o presente trabalho é a das ‘Metodologias por Monitoramento’. Apesar da literatura, em geral, não tratar o monitoramento como uma metodologia de avaliação de impacto em si, sendo mais utilizado como ferramenta de apoio na aplicação das demais metodologias, é pertinente destacar a sua utilização como método de avaliação do impacto do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos em PMBH rurais, como observado em Arcova e Cicco (1999), Donadio, Galbiatti e Paula (2005) e Queiroz e outros (2010).

Posto isso, foram definidos 8 alternativas para compor a análise multicriterial, sendo essas, grupos de metodologias de avaliação de impacto do uso e ocupação do solo na qualidade da água, apresentadas a seguir:

- ↳ Metodologias Espontâneas;
- ↳ Metodologias de Matriz;
- ↳ Método das Redes de Interação;
- ↳ Metodologias de Listagem;
- ↳ Modelos Hidrossedimentológicos;
- ↳ Métodos Cartográficos;
- ↳ Modelos de Qualidade de Água;
- ↳ Metodologias por Monitoramento.

✓ **Passo 4.** Avaliação de alternativas em relação aos critérios

Nesse passo foram realizadas as atividades necessárias para a determinação das notas das alternativas em função de cada um dos 6 critérios de análise elencados.

Como forma de tornar o desenvolvimento da proposta mais participativo, a realização do presente passo contou com a participação de especialistas com comprovados conhecimentos sobre os temas: avaliação de impacto do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos, metodologias de avaliação de impacto, gestão de recursos hídricos em PMBH rurais, e uso e ocupação do solo em PMBH rurais. Foram enviadas por e-mail 65 cartas convites a especialistas, convidando-os para participação na pesquisa. O APÊNDICE B apresenta a carta convite enviada.

Aos especialistas que se prontificaram em participar da pesquisa foi enviado um formulário on-line para preenchimento. Esse formulário possibilitou a obtenção de informações de avaliação das alternativas em função dos critérios elencados. Esse método de obtenção de informações é conhecido como Ad-Hoc (CUNHA; GUERRA, 2012).

No formulário inicialmente foi realizada a apresentação da pesquisa desenvolvida, sendo explanada na sequência, a questão principal a ser respondida, as instruções para a correta indicação das respostas e as questões específicas para avaliação comparativa das alternativas sobre a ótica de cada uma dos critérios elencados (APÊNDICE C). Foi considerado importante realizar a apresentação das alternativas metodológicas em análise antes da apresentação das questões a serem respondidas, de modo a auxiliar os participantes no entendimento do que consiste cada alternativa. Para tanto foram elaboradas descrições sucintas do que compõe cada uma das 8 alternativas, grupos de metodologias, apresentadas no passo anterior. Essas informações estão contidas no APÊNDICE D, juntamente com a descrição dos critérios adotados para a análise (passo 2), e servirão, também, para complementar a proposta metodológica, como um material auxiliar para o seu entendimento e aplicação.

Para a obtenção da avaliação comparativa das alternativas em função dos critérios foi utilizado o método da pontuação direta (Direct Rating Method), método de fácil aplicação que possibilita a ponderação de notas às alternativas (função de valor) em função de critérios de avaliação, tanto qualitativos, quanto quantitativos. No método é solicitado ao avaliador que se atribua a(as) alternativa(s) de maior avaliação dentro da ótica do critério em análise, a nota 10, e a(as) alternativa(s) de menor avaliação a nota 0. A partir da ancoragem de alternativas como referência de máximo e o mínimo, no contexto da avaliação realizada, é possível avaliar comparativamente as demais alternativas, atribuindo a elas notas intermediárias entre 0 e 10 (GOODWIN; WRIGHT, 2004; LÖBLER; HOPPEN, 2006).

Em seguida, foram calculadas as médias das avaliações dadas pelos especialistas para cada uma das alternativas em função dos 6 critérios, de modo a obter uma escala sintética de avaliação das alternativas para cada um dos critérios. A Tabela 1 exemplifica o processo adotado, utilizando o critério Custo. O mesmo processo é realizado para os demais 5 critérios.

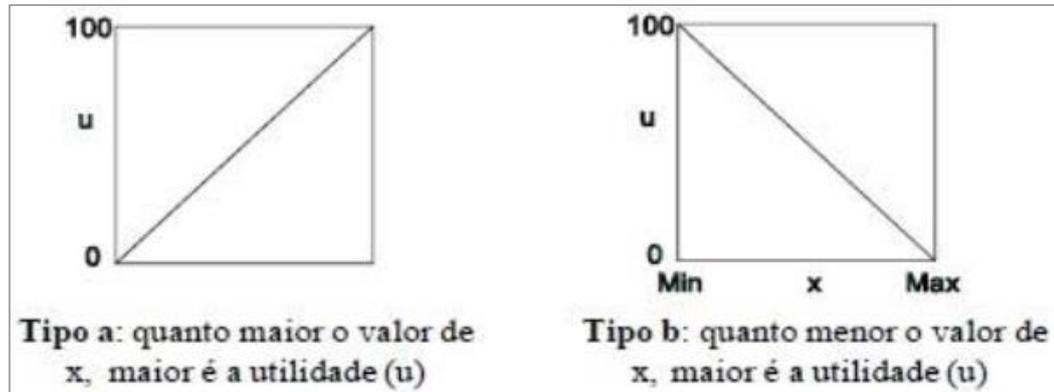
Tabela 1 – Exemplo de processo realizado para o cálculo da escala sintética de avaliação das alternativas em função do critério custo

Critério: Custo	Especialistas				Média
	1	2	...	x	
A - Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>x</sub>	MÉDIA(A <sub>1</sub> :A <sub>x</sub> )
B - Metodologias de Listagem	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	...	B <sub>x</sub>	MÉDIA(B <sub>1</sub> :B <sub>x</sub> )
C - Metodologias de Matriz	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	...	C <sub>x</sub>	MÉDIA(C <sub>1</sub> :C <sub>x</sub> )
D - Método das Redes de Interação	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	...	D <sub>x</sub>	MÉDIA(D <sub>1</sub> :D <sub>x</sub> )
E - Modelos de Qualidade da Água	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	...	E <sub>x</sub>	MÉDIA(E <sub>1</sub> :E <sub>x</sub> )
F - Modelos Hidrossedimentológicos	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	...	F <sub>x</sub>	MÉDIA(F <sub>1</sub> :F <sub>x</sub> )
G - Metodologias de Monitoramento	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	...	G <sub>x</sub>	MÉDIA(G <sub>1</sub> :G <sub>x</sub> )
H - Métodos cartográficos	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	...	H <sub>x</sub>	MÉDIA(H <sub>1</sub> :H <sub>x</sub> )

Com base nas 6 escalas sintéticas obtidas, médias das avaliações dos especialistas, foram determinadas as notas de cada alternativa em função dos 6 critérios de avaliação através da transição da escala sintética para a 'função utilidade', utilizada no método SMARTER. Nesse processo foi utilizada a função tipo b para os critérios 'Custo' e 'Tempo' e a função tipo a para os demais critérios. Os dois tipos de função utilizadas são apresentadas na Figura 3. As escalas numéricas obtidas com esse

processo são chamadas no presente trabalho de ‘Notas das alternativas’, tendo essa nomenclatura sido adotada como uma forma de simplificar e facilitar o entendimento da análise multicriterial na proposta metodológica desenvolvida.

Figura 3 – Tipos de função utilizadas na transcrição das notas das alternativas em função dos critérios



Fonte: (EDWARDS; BARRON, 1994, apud CAIADO et al., 2016)

As justificativas para a escolhas dessas funções são apresentadas a seguir. No critério ‘Custo’ buscou-se valorizar as alternativas de menor demanda por recursos, sendo assim ao utilizar a função tipo b foram estabelecidas notas mais altas as alternativas com menores custos para aplicação. No critério ‘Tempo’ buscou-se valorizar as alternativas que demandam menor tempo para a obtenção dos resultados. Para os demais critérios optou-se por valorizar as alternativas com as maiores avaliações, motivo da utilização da função tipo a, desta forma foram atribuídas notas mais altas a alternativas que, de acordo com as avaliações dos especialistas, podem apresentar resultados mais completos em função da avaliação dos aspectos Ambiental, Socioeconômico e Institucional, sendo também valorizadas as alternativas que apresentam uma maior demanda por conhecimentos técnicos associados a sua aplicação, assumindo-se que indiretamente essas alternativas apresentam resultados mais detalhados e de maior amplitude de avaliação.

Os resultados das avaliações dos especialistas e os cálculos e transformações para a obtenção das notas das alternativas em função dos critérios serão apresentados em tabelas individuais para cada critério, sendo apresentado por fim um quadro com todas as ‘notas das alternativas’ em função dos critérios.

Como apresentado anteriormente os passos 5, 6 e 7, que finalizam a análise multicriterial, foram reservados como etapas práticas a serem realizadas na aplicação da proposta desenvolvida. Portanto, são apresentadas as atividades necessárias para a sua realização, sendo essas posteriormente incorporadas como passos e etapas da proposta metodológica desenvolvida no presente trabalho.

✓ **Passo 5.** Avaliação da importância relativa de cada critério

Optou-se por manter o método ROC, utilizado no método SMARTER, como padrão para a realização do passo 5, por conta da facilidade que o mesmo proporciona para a determinação dos pesos dos critérios, o que se espera, que seja refletido na proposta desenvolvida. Alternativamente, quando se avaliar necessário, podem ser utilizados métodos diferentes para a realização dessa atividade, cabendo ao tomador de decisão a palavra final.

Sendo assim para a realização do passo 5 os critérios são ordenados em função de sua importância para a tomada de decisão. Partindo da ordenação realizada, é utilizado o método ROC para a determinação dos 'pesos dos critérios', que representam matematicamente a importância dos critérios para a tomada de decisão.

✓ **Passo 6.** Determinação da pontuação final de cada alternativa

Nesse passo são calculadas as pontuações finais das alternativas. Para tanto, é necessário terem sido estabelecidos o conjunto das notas das alternativas em função dos critérios ( $U_{jk}$ ) e dos pesos dos critérios para a tomada de decisão ( $W_k$ ). O cálculo da pontuação final das alternativas ( $U_j$ ) é realizado seguindo a equação 1, apresentada na seção 3.5.1.

✓ **Passo 7.** Organização dos resultados

Nesse passo as alternativas contidas na análise multicriterial são organizadas em função de suas pontuações finais,  $U_j$ , em ordem decrescente. A alternativa com maior pontuação é a primeira na ordem de recomendação para seleção, as demais são recomendadas seguindo a ordem de classificação.

#### 4.2.2 Versão inicial da metodologia proposta

A construção da proposta de metodologia para auxílio na seleção de método de avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na qualidade da água partiu inicialmente da aplicação da análise multicriterial, tendo sido elaborada a sua estrutura de passos e etapas para aplicação a partir da definição de sua etapa central, denominada 'Análise Multicriterial'.

Foram atribuídas à etapa central as atividades necessárias à complementação da análise multicriterial, passos 5 e 6 apresentados na seção anterior, até a obtenção das pontuações finais das alternativas.

Com a etapa central definida, foram estabelecidas 2 etapas complementares. A primeira delas, etapa 'Diagnóstico', surgiu da necessidade de se estabelecer um procedimento padrão para a obtenção de informações que subsidiem as decisões realizadas na etapa 'Análise Multicriterial'. A segunda, 'Recomendação', envolve a realização do passo 7 e foi definida com o objetivo de marcar bem quais os resultados obtidos com a aplicação da proposta metodológica desenvolvida, facilitando a análise dos resultados e simplificando a sua aplicação. Adicionalmente, as 3 etapas foram subdivididas em passos que definem as atividades a serem realizadas.

Ao longo do desenvolvimento da proposta mostrou-se necessário a definição de duas etapas adicionais, independentes das elaboradas para a proposta, sendo elas a pré-aplicação e a pós-aplicação. A etapa de pré-aplicação surgiu da necessidade de estabelecer uma etapa que auxilie na identificação dos cenários de desconformidade da qualidade da água em PMBH rural, cenário que leva a demanda pela utilização da metodologia proposta. Já a etapa de pós-aplicação foi definida de modo a deixar claro o momento da tomada de decisão.

No presente trabalho considerou-se tomador de decisão como sendo o aplicador da metodologia, podendo o mesmo ser um gestor de recursos hídricos, um pesquisador, um representante de comitê de bacia hidrográfica, um consultor, entre outros.

A seguir são apresentadas as informações relacionadas a elaboração de cada uma das etapas e passos de aplicação da versão inicial da proposta desenvolvida.

#### ❖ **Pré–aplicação**

A etapa de pré–aplicação foi elaborada no intuito auxiliar na identificação da demanda pela realização da avaliação de impacto dos usos e ocupação do solo nos recursos hídricos em PMBH rurais. Portanto, buscou–se determinar para essa etapa atividades que auxiliem na caracterização da área de estudo e na identificação de cenários de desconformidade da qualidade da água em função dos seus usos.

#### ❖ **Etapa 1 – Diagnóstico**

A presente etapa foi elaborada com o intuito de auxiliar no levantamento de informações necessárias a realização da definição de prioridade entre os critérios de análise da etapa seguinte.

Para tanto foram elaboradas questões para a obtenção de informações que auxiliem na avaliação de cada um dos critérios, sendo as mesmas divididas em 2 passos de aplicação. O passo 1 associado ao levantamento dos recursos disponíveis para a execução da avaliação de impacto e o passo 2 relacionado com as demandas por resultados da bacia em estudo.

Foram elaboradas 3 questões para o passo 1, referentes especificamente aos critérios ‘Custo’, ‘Tempo’ e ‘Demanda por Conhecimentos Técnicos’ e 1 questão para o passo 2, que engloba os critérios ‘Avaliação Ambiental’, ‘Avaliação Socioeconômica’ e ‘Avaliação Institucional’.

Na elaboração da questão do passo 2 foram incorporados os fatores identificados na execução das atividades propostas na seção 4.1.1. Com o auxílio de revisão bibliográfica foram identificadas as condições em que cada fator apresenta relação positiva, negativa ou neutra com os impactos observados nos recursos hídricos. Aqui entende–se por relação positiva as condições que proporcionam a diminuição dos impactos nos recursos hídricos. Como relação neutra, entende–se, as condições onde não há alteração nos recursos hídricos, nem em qualidade, nem em

quantidade. Como relação negativa, entende-se, as condições que causam impactos nos recursos hídricos, seja em qualidade ou em quantidade.

Essa questão foi elaborada com o intuito de orientar, durante a aplicação da proposta, a identificação dos fatores que podem estar sendo responsáveis por ocasionar os cenários de desconformidade e também de auxiliar ao tomador de decisão na definição de prioridades entre qual o tipo de avaliação deve ser realizada na bacia. Deste modo a determinação de prioridades levará a obtenção de um resultado que aponta as alternativas que mais se adequam ao tipo de avaliação que se busca realizar.

#### ❖ **Etapa 2 – Análise multicriterial**

Para a presente etapa foram elaboradas as atividades necessárias para a finalização da análise multicriterial. Como já apresentado, tomou-se como base os passos 5 e 6 da estrutura da análise multicriterial apresentada na seção 4.2.1. Por conta disso a etapa 2 foi dividida em 2 passos de aplicação, tendo sido elaboradas orientações objetivas e de fácil entendimento de modo a auxiliar na sua execução.

#### ❖ **Etapa 3 – Recomendação**

Nessa etapa foram elaboradas as orientações para a correta apresentação dos resultados da aplicação da proposta metodológica, sendo a mesma descrita em apenas um passo para sua execução. Também foram elaboradas orientações que auxiliem o tomador de decisão na avaliação dos resultados obtidos.

#### ❖ **Pós-aplicação**

No desenvolvimento dessa etapa foram definidas as orientações para a tomada de decisão, de modo a auxiliar aos tomadores de decisão na seleção da alternativa metodológica a ser utilizada na avaliação de impacto do uso e ocupação do solo na qualidade da água.

### **4.2.3 Primeira fase de avaliação da proposta metodológica**

A primeira fase de avaliação da proposta metodológica desenvolvida foi realizada em reunião na AGERH-ES, com a participação de profissionais de perfil técnico

representantes da instituição. Tal reunião foi realizada em 18/08/2017 e teve duração de 90 min, dentre os quais 50 min foram destinados à apresentação da versão inicial da proposta, juntamente com a base ferramental utilizada no seu desenvolvimento e do passo a passo dos cálculos realizados no seu desenvolvimento e necessários a sua aplicação. Os 40 min finais foram destinados à exposição das avaliações e sugestões por parte dos representantes presentes. Para tanto, foi solicitado que os mesmos avaliassem a versão inicial da proposta em função do seu entendimento e sua aplicabilidade.

#### **4.2.4 Segunda fase de avaliação da proposta metodológica**

A segunda fase de avaliação da proposta foi desenvolvida a partir das demandas levantadas na primeira fase e teve como foco a etapa 'Diagnóstico', de modo a revisar o questionário proposto para essa etapa e colaborar para a elaboração das orientações, diretrizes, para a sua correta aplicação. Levando em conta que essa Etapa foi elaborada para ser efetuada, preferencialmente, por um profissional técnico, que possua conhecimento sobre a pequena ou microbacia hidrográfica rural a qual a proposta venha a ser aplicada, considerou-se que para uma melhor avaliação essa segunda fase fosse realizada com a participação de representantes de comitês de bacia hidrográfica, por conta de muitos desses representantes se encaixarem nesse perfil desejado.

Foram convidados para participarem dessa fase de avaliação, 3 representantes de comitês de bacias hidrográficas do estado do Espírito Santo, sendo esses do Rio Guandu, do Rio Santa Joana e do Rio Jucu. Os 3 convidados possuem perfil técnico, sendo profissionais atuantes da área de meio ambiente e de gestão de recursos hídricos.

Foram realizados 3 encontros em datas distintas, cada qual com a participação de um representante convidado. Em cada encontro foi apresentada a proposta metodológica desenvolvida, em sua versão inicial, dando destaque para a etapa 'Diagnóstico'.

Como forma de avaliar a proposta, foi solicitado aos participantes que avaliassem o questionário proposto para a etapa 'diagnóstico', dando ênfase a cada uma das questões contidas no mesmo, e que se apresentasse uma avaliação da proposta desenvolvida como um todo.

#### **4.2.5 Versão final da metodologia proposta**

A versão final da proposta metodológica foi desenvolvida a partir da revisão de sua versão inicial. Foram incluídas nessa versão as sugestões e contribuições recebidas durante a primeira e segunda fase de avaliação da proposta. Alterações foram realizadas no questionário da etapa 'Diagnóstico' e na estrutura de passos e etapas da versão inicial, todas realizadas em função da busca por tornar a proposta mais fácil de ser entendida e de ser aplicada. Após a finalização da elaboração dessa versão a mesma foi utilizada para a realização do exemplo de aplicação da proposta, sendo esse agregado posteriormente à versão final.

A versão final foi elaborada seguindo a mesma formatação da versão inicial, sendo dividida em etapas para a sua aplicação. Foi apresentado o fluxograma para a sua aplicação e as alterações realizadas, não sendo reapresentadas todas as atividades e orientações necessárias à execução da proposta metodológica, já apresentadas na versão inicial, seção 5.2.1.

##### **4.2.5.1 Exemplo de aplicação da proposta**

A aplicação da proposta, inicialmente, tinha por objetivo realizar a sua avaliação e a auxiliar na elaboração das diretrizes para a sua utilização. Após a realização da primeira fase de avaliação, onde foi sugerida por representantes da AGERH-ES a inclusão, ao corpo da proposta, de um exemplo de aplicação com o passo a passo da execução de cada etapa, foi agregado um novo objetivo para a realização da aplicação da proposta, o de tornar-se um exemplo dentro da apresentação da versão final da proposta. Concordou-se que a realização dessa atividade traria benefícios para a proposta como um todo.

A área utilizada no desenvolvimento do exemplo de aplicação, a microbacia hidrográfica do Córrego Floresta, foi sugerida pelo representante do comitê de bacia hidrográfica do Rio Guandu, participante da segunda fase de avaliação da proposta. Esse representante apresentou o interesse em aplicar a proposta na referida microbacia, apontando que a mesma encontrava-se em cenário de desconformidade da qualidade da água e que existia na bacia o interesse em realizar, no futuro, estudos ambientais para avaliar as causas desse cenário. Devido à pré-disposição apresentada pelo representante, em auxiliar na realização da aplicação da proposta na microbacia hidrográfica do Córrego Floresta, e a essa bacia se encaixar na situação problema a qual a metodologia desenvolvida se propõe a auxiliar, tomou-se essa microbacia como área de estudo para a realização do exemplo de aplicação.

No exemplo de aplicação o representante assumiu a responsabilidade por fornecer as informações, necessárias à aplicação da proposta, e por tomar as decisões, sendo fornecido o apoio técnico para a correta execução de cada etapa.

- ❖ Na etapa de pré-aplicação foi fornecido pelo representante um panorama da microbacia, apresentando tanto informações que ajudam a caracterizar área, como as que definem o cenário de desconformidade da qualidade da água em função dos usos. As informações enviadas pelo representante são apresentadas de forma textual sem alteração de seu conteúdo. Em um segundo contato foram obtidas informações adicionais sobre a avaliação de qualidade da água realizada na microbacia e sobre a definição do cenário de desconformidade. Mediante o conhecimento do representante sobre a bacia pôde-se definir os principais usos da água e o padrão de qualidade da água necessário ao seu atendimento.
- ❖ Na etapa 'Diagnóstico' o representante foi responsável por responder ao questionário proposto para essa etapa. Após realizar tal tarefa, foram identificados os fatores que merecem atenção na avaliação de impacto do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do Córrego Floresta, com base nas informações apresentadas no questionário.

- ❖ Na etapa ‘Análise Multicriterial’ realizou-se a análise das informações obtidas na etapa anterior para o estabelecimento, em conjunto com o representante, da ordem de prioridade entre os critérios e dos seus respectivos pesos, através do método ROC. Na sequência foram obtidas as pontuações finais de cada uma das alternativas.
- ❖ Na etapa ‘Recomendação’ foram organizadas as pontuações finais das alternativas obtidas na etapa anterior para a obtenção do resultado final da aplicação da proposta e logo a apresentação da ordem de recomendação das alternativas. Nessa etapa o representante foi consultado de modo a avaliar se o resultado obtido foi satisfatório. Desta forma foi finalizada a aplicação da proposta metodológica.
- ❖ A etapa de pós-aplicação, e consequente tomada de decisão, não foi executada, visto que na bacia, a intenção é que a avaliação de impacto do uso e ocupação do solo na desconformidade da qualidade da água seja viabilizada no futuro, cabendo a decisão então, a quando essa for realizada.

#### **4.2.6 Avaliação final da proposta metodológica**

A avaliação final da proposta metodológica foi realizada em reunião na AGERH-ES, com profissionais de perfil técnico representantes dessa instituição, no dia 23/11/2017, tendo duração aproximada de 90 min. Os 45 min iniciais foram destinados à apresentação da versão final da proposta e de seu exemplo de aplicação e os 45 min finais destinados à exposição das avaliações por parte dos representantes presentes. Para tanto, foi solicitado que os mesmos avaliassem a versão final da proposta em função do seu entendimento e sua aplicabilidade.

### **4.3 PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES ORIENTADAS A UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA**

Para o estabelecimento das diretrizes foram analisados os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento da proposta metodológica, objeto do presente trabalho. Foram consideradas as experiências obtidas na construção das 3 etapas da

proposta, as informações obtidas em revisão bibliográfica, os apontamentos e orientações apresentados nas 3 fases de avaliação por técnicos, gestores de recursos hídricos e representantes de comitês de bacias hidrográficas e das experiências obtidas com a elaboração do exemplo de aplicação da proposta metodológica, realizada na microbacia hidrográfica do Córrego Floresta. Dessa forma foram definidas as orientações para auxiliar na utilização da proposta metodológica desenvolvida e correta aplicação de cada etapa.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 IDENTIFICAÇÃO DE FATORES RELACIONADOS AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO QUE CONTRIBUEM PARA A OCORRÊNCIA DE CENÁRIOS DE DESCONFORMIDADE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO AOS SEUS USOS

Na presente seção são apresentados os fatores relacionados ao uso e ocupação do solo que contribuem para a ocorrência de cenários de desconformidade da qualidade da água em relação aos usos da água em PMBH rurais. No espectro desse estudo se fez importante não só a apresentação dos fatores, mas também o levantamento de informações sobre usos da água e parâmetros de qualidade da água indicadores de desconformidade em PMBH rurais.

A identificação dos fatores foi passo importante para a elaboração da proposta metodológica apresentada no presente trabalho, os quais foram incluídos no questionário contido na etapa 'Diagnostico', apresentado na seção 5.2.1.1.

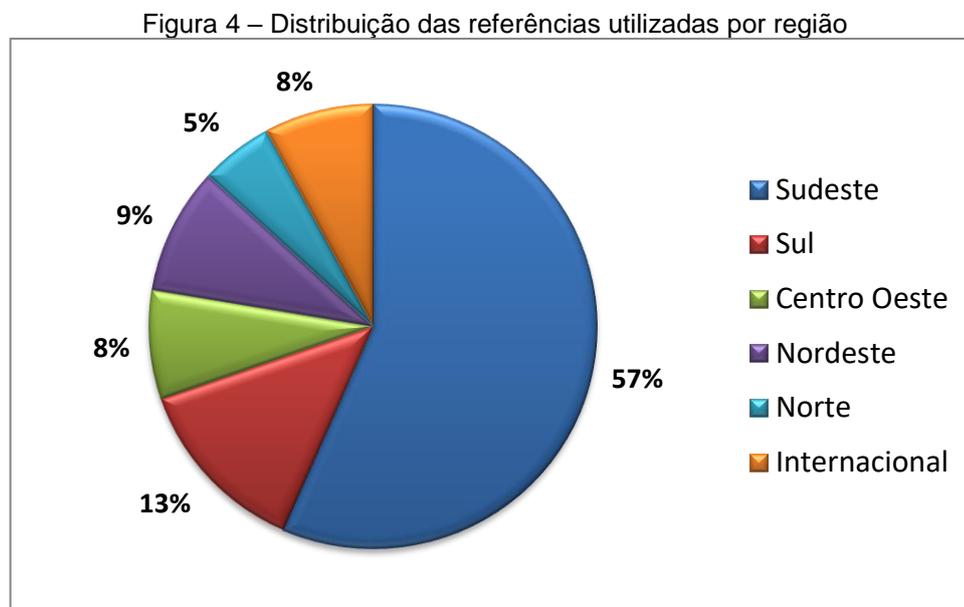
As demais informações ajudam a caracterizar os cenários de desconformidade da qualidade da água em PMBH rurais. São importantes para a metodologia desenvolvida no presente trabalho, ao passo em que auxiliam na identificação de tais cenários como ação previa de sua utilização. A determinação ou confirmação da existência de um cenário de desconformidade da qualidade da água em PMBH rurais acarreta na demanda pela realização de estudos ambientais que auxiliem na resolução dos problemas que levam a esses cenários, tema ao qual se insere o presente trabalho.

Na busca por informações para elucidar essas questões, foi realizada uma extensa pesquisa por estudos ambientais realizados em PMBH rurais. Essa pesquisa resultou, após a análise de diversas referências, na identificação de 76 referências bibliográficas, prontamente utilizadas para a obtenção das informações.

Posto isso, os resultados apresentados nas seções 5.1.1, 5.1.2 e 5.1.3 são oriundos das informações extraídas das referências utilizadas. Essas convergiram para a

existência de um panorama, de usos da água e parâmetros de qualidade da água indicadores de desconformidade, comum dentro das PMBH rurais analisadas. Desta forma é possível considerar que na análise de uma PMBH rural, com características gerais, muito provavelmente, serão encontradas informações semelhantes com as apresentadas no presente trabalho.

Do total das fontes consultadas, 6 são referentes a estudos internacionais e 70 a estudos no território nacional, dos quais, 4 foram realizados na região norte, 7 na região nordeste, 6 na região centro-oeste, 43 na região sudeste e 10 na região sul (Figura 4).



Apesar de se ter analisado um número maior de referências internacionais, muitas não foram consideradas por não se enquadrarem na caracterização de PMBH rural estabelecida para o presente trabalho. A área de muitas bacias, que nessas referências são consideradas PMBH, ultrapassa o limite de 50 Km<sup>2</sup> ou 100 Km<sup>2</sup>, para micro e pequenas bacias hidrográficas, respectivamente. Bacias hidrográficas com áreas maiores apresentam uma maior diversificação de usos da água e formas de uso e ocupação do solo, diferenciando-se das demais bacias hidrográficas analisadas e conseqüentemente do foco da pesquisa. Por conta disso apenas 6 referências bibliográficas internacionais foram selecionadas para a utilização nessa seção, após a realização da última análise das referências previamente

selecionadas. Tal consideração foi aplicada não só a referências internacionais, como também as referências nacionais.

Com relação à região de realização dos estudos nacionais, foi possível perceber maior concentração na região sudeste. Historicamente essa região do Brasil apresenta uma maior concentração de recursos, quando comparada às demais regiões do país, conseqüentemente dispõe maiores recursos para a execução de estudos ambientais, o que proporcionou a ocorrência de maior número de referências utilizadas oriundas dessa região.

Analisando a distribuição das referências utilizadas por região, é possível apontar que existe representatividade em termos de PMBH rurais analisadas, visto que foram utilizadas referências com estudos oriundos de todas as regiões do Brasil e do exterior. Apesar das diferenças ambientais dessas regiões, houve convergência de resultados na identificação dos usos da água e dos parâmetros de qualidade da água indicadores de desconformidade nas PMBH rurais analisadas, além de terem sido identificados fatores, relacionados ao uso e ocupação do solo que contribuem para a ocorrência de cenários de desconformidade da qualidade da água em relação aos usos da água pretendidos, por referências de todas as regiões.

#### **5.1.1 Fatores relacionados ao uso e ocupação do solo em PMBH rurais**

Na busca por fatores relacionados ao uso e ocupação do solo em PMBH rurais foram identificados 23 fatores, sendo 11 ambientais, 7 socioeconômicos e 5 institucionais. Quarenta e sete (47) referências, dentre as 76 utilizadas, apresentaram alguma indicação de fator como influente nos impactos causados pelo uso e ocupação do solo sobre os recursos hídricos em PMBH rurais. O Quadro 2 apresenta os fatores identificados e as respectivas referências.

Quadro 2 – Fatores relacionados ao uso e ocupação do solo, que podem afetar os recursos hídricos, identificados em revisão bibliográfica

<b>FATORES IDENTIFICADOS</b>		<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>REFERÊNCIAS E NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO</b>			
<b>Ambientais</b>	<b>Aplicação de defensivos agrícolas (agrotóxicos)</b>	4; 6; 8; 12; 22; 24; 30; 31; 32; 39; 41; 42	ABREU et al., 2011;	1	MOURA; PELLEGRINO; RODRIGUES, 2014;	25
	<b>Aplicação de fertilizantes</b>	4; 8; 31; 32; 39; 45	ALVARENGA et al., 2012;	2	NEVES, 2005;	26
	<b>Atividade de irrigação</b>	4; 6; 8; 22; 34	ARCOVA; CICCO, 1999;	3	NEVES NETO, 2009;	27
	<b>Características físico-químicas do solo</b>	4; 9; 10; 19; 20; 23; 25	ATTANASIO, 2004;	4	PARANÁ, 2014;	28
	<b>Clima</b>	2; 6; 15; 19; 21; 40; 44	BALDISSERA; ZAMPIERI; BAMPI, 2011;	5	PARREIRA; SANTOS; SANTOS, 2017;	29
	<b>Estradas vicinais</b>	3; 4; 7; 24; 45	BRAGAGNOLO; PAN, 2000;	6	PEREIRA; BARBOSA, 2009;	30
	<b>Práticas conservacionistas</b>	4; 6; 7; 11; 22; 31; 33; 39; 42; 45	CBHRMG, 1999;	7	PRADO et al., 2010;	31
	<b>Presença de animais próximo aos recursos hídricos</b>	8; 17; 21; 26; 29; 31; 45; 46; 47	DIAS et al., 1999;	8	PRADO et al., 2014;	32
	<b>Presença de APP's e cobertura florestal</b>	2; 3; 4; 8; 10; 14; 15; 29; 33; 35; 37; 38; 39; 40; 45; 47	DIAS; BRÍGIDO; SOUZA, 2013;	9	QUEIROZ et al., 2010;	33
	<b>Qualidade da água para a irrigação</b>	6; 9; 16; 43	DONADIO; GALBIATTI; PAULA, 2005;	10	RAMIREDDYGARI et al., 2000;	34
<b>Socioeconômicos</b>	<b>Relevo</b>	2; 19; 20; 32; 35; 40	EROL; RANDHIR, 2013;	11	RANZINNI; LIMA, 2002;	35
	<b>Subdivisão familiar</b>	6; 7; 8; 13; 18; 43	EYMAEL, 2005;	12	REIS; PEREIRA FILHO, 2006;	36
	<b>Credito rural</b>	4; 27; 41	FEIDEN et al., 2011;	13	SAGARA, 2001;	37
	<b>Presença de cooperativas e associações</b>	1; 4; 6; 24; 27; 30	FERNANDES, 2009;	14	SANTOS; HERNANDEZ, 2013;	38
	<b>Produtividade e produção das culturas</b>	4; 6; 7; 8; 41	FERNANDES et al., 2011;	15	SCHNEIDER; COSTA, 2013;	39
	<b>Qualificação do trabalhador rural</b>	1; 4; 8; 24; 27; 39	FIORAVANTI et al., 2004;	16	SILVA et al., 2011;	40
	<b>Renda per capita</b>	4; 8; 41	FOLLETO; THUM; GARCIA, 2014;	17	SILVA; MATTOS, 2013;	41
<b>Institucionais</b>	<b>Saneamento básico</b>	1; 5; 6; 9; 12; 24; 30; 31; 36; 39; 43; 45	GONÇALVES et al., 2005;	18	SOUZA, 2006;	42
	<b>Benfeitorias e serviços públicos</b>	8; 13; 24; 30; 39	BOTELHO, 1999;	19	SOUZA et al., 2016;	43
	<b>Educação ambiental</b>	4; 11; 24; 27; 28; 30; 43	JORGE, 2009;	20	TOLEDO; NICOLELLA, 2002;	44
	<b>Estado como agente incentivador</b>	4; 11; 24; 27; 28; 30; 43	LIANG et al., 2013;	21	VANZELA; HERNANDEZ; FRANCO, 2010;	45
	<b>Presença fiscalizadora</b>	4; 11; 24; 27; 28; 30	LUCAS; FOLEGATTI; DUARTE, 2010;	22	VIEIRA et al., 2012;	46
	<b>Presença técnica</b>	6; 8; 24; 27; 28; 30; 39	MACEDO; CAPECHE; MELO, 2009;	23	XAVIER, 2005;	47
			MACHADO et al., 2013;	24		

O fator que apresentou maior número de indicações pelas referências consultadas foi o fator “Presença de APP’s e cobertura florestal”, com 16 indicações. Em seguida foram observados os fatores ‘Aplicação de agrotóxicos’, com 12 indicações, ‘Saneamento básico, também com 12 indicações, e ‘Práticas Conservacionistas’, com 10 indicações. O fato de esses fatores terem apresentado um maior número de indicações, aponta no sentido de que o conhecimento sobre a influência desses fatores nos recursos hídricos, em PMBH rurais, em comparação com os demais fatores, é mais difundido.

A maioria dos fatores, 16, apresentaram entre 5 e 8 indicações. O fator ‘Qualidade da água para a irrigação’ recebeu 4 indicações, enquanto que outros 2 fatores se destacaram por receber apenas 3 indicações, sendo eles os fatores ‘Credito rural’ e ‘Renda per capita’. O baixo número de indicações observadas nesses 3 fatores denota a necessidade de maior difusão e discussão sobre a influência desses fatores no contexto da avaliação de impacto do uso e ocupação do solo sobre os recursos hídricos em PMBH rurais.

Com base nas informações levantadas em revisão bibliográfica (Seção 3.3), fazem-se aqui algumas colocações acerca dos fatores Ambientais, Socioeconômicos e Institucionais:

- Os fatores ambientais influenciam diretamente nos impactos observados do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos;
- Os fatores socioeconômicos e os fatores institucionais apresentam influência indireta sobre os impactos observados do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos. Esses fatores influenciam nas condições dos fatores ambientais, que como apresentado acima, influenciam diretamente nos impactos observados. A exceção fica por conta do fator ‘Saneamento básico’, onde aspectos contidos neste, como o manejo de água pluvial, a coleta e tratamento de esgoto, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos, podem causar impactos diretos na qualidade da água, tanto superficial quanto subterrânea, a depender de como esses aspectos são tratados na bacia;
- Os fatores institucionais podem influenciar nas condições dos fatores socioeconômicos, tanto positiva como negativamente, a depender da presença ou ausência de atuação das instituições na bacia hidrográfica;

- Os fatores socioeconômicos podem influenciar na forma de atuação das instituições na bacia hidrográfica.

### 5.1.2 Usos da água em PMBH rurais

Os usos da água identificados na análise das PMBH rurais contidas nas referências utilizadas podem ser observados na Tabela 2. Esses usos foram classificados conforme os usos preponderantes da água elencados na Resolução CONAMA nº357/05. Apesar das PMBH rurais analisadas não apresentarem enquadramento de corpos hídricos, a utilização dessa resolução para a classificação dos usos da água serve como ponto de referência, podendo ser utilizada em posteriores avaliações de compatibilidade da qualidade da água com a demandada pelos usos atuais da água.

Tabela 2 – Usos preponderantes da água mais observados em PMBH rurais e suas respectivas classes de enquadramento segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 2005

Usos preponderantes da água	Classes CONAMA 357/05
Irrigação de Hortaliças e frutas, que se desenvolvam rente ao solo, consumidas cruas;	Classe 1
Consumo humano, após tratamento simplificado;	Classe 1
Recreação de contato primário;	Classe 2
Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, parques e jardins;	Classe 2
Aquicultura e atividade de pesca;	Classe 2
Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;	Classe 3
Dessedentação de animais;	Classe 3
Recreação de contato secundário;	Classe 3

A análise realizada indica que a abrangência de usos preponderantes da água em PMBH rurais, em geral, é mais restrita do que a observada em outras escalas de bacia hidrográfica, que podem incluir todo o espectro de usos apontados pela Resolução CONAMA nº 357/05.

O panorama observado, a partir da análise das PMBH rurais estudadas nas 76 referências utilizadas, apresenta as atividades agrícolas como sendo predominante no contexto do uso e ocupação do solo nessas regiões. Sendo majoritariamente de base familiar, tais atividades, junto com o consumo humano, representam as principais demandas por água nessas regiões.

São raras as PMBH rurais que possuem fornecimento de água tratada. A maioria delas depende das águas subterrâneas ou do acesso direto à cursos d'água superficiais para o consumo e utilização nos domicílios rurais, como observado em Baldissera, Zampieri e Bampi (2011), Bertossi e outros (2013), Eymael (2005), Faria (2012), Fernandes e outros (2011), Fernandes (2009), Franco e Hernandez (2012), Medeiros e outros (2009), Sousa e outros (2016) e Zanini e outros (2010). Portanto, é importante que se atentem, nessas regiões, aos riscos de contaminação das águas para fins de consumo humano, efetuando-se o devido tratamento da água antes do seu consumo, evitando-se, assim, a ocorrência de problemas de saúde na população e o conseqüente impacto negativo em fatores socioeconômicos na bacia hidrográfica.

O uso da água na recreação de contato primário e secundário em PMBH rurais se mostrou estar associado à utilização de áreas particulares ou públicas, próximas a quedas e cursos d'água para o lazer da comunidade.

Em muitos casos os usos da água na irrigação, na dessedentação de animais e na aquicultura dependem da construção de barragens e poços escavados para a sua manutenção. Alterações antrópicas no meio ocorrem com o objetivo de garantir o acesso à água para esses usos. Em PMBH rurais que apresentam situações de déficit hídrico a construção dessas estruturas é uma alternativa às variações da disponibilidade da água nos cursos d'água, especialmente para aqueles que apresentam regime intermitente (BARACUHY et al., 2003; EYMAEL, 2005; SOUSA et al., 2016).

É válido destacar a ocorrência de PMBH rurais em que parte ou a totalidade do seu território esteja incluída em algum tipo de unidade de conservação, como apresentado nos estudos de Silva e outros (2011) e Fernandes (2009). Por esse motivo tais bacias apresentam, também, como uso preponderante da água, a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e/ou a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral, quando desse caso.

Os usos preponderantes da água identificados como sendo comumente observados em PMBH rurais demandam para o seu atendimento qualidade da água compatível com a determinada para as classes 1, 2 ou 3, para água doces, da Resolução CONAMA nº357. Portanto, torna-se importante o acompanhamento dos parâmetros indicadores de qualidade da água, visando determinar se as águas disponíveis em PMBH rurais encontram-se adequadas aos usos que lhe são dadas. Tendo em vista essa questão, a identificação dos parâmetros de qualidade da água que se apresentam com maior frequência em situação de desconformidade pode auxiliar na elaboração de estudos diagnósticos e programas de monitoramento da qualidade da água em PMBH rurais.

### **5.1.3 Parâmetros de qualidade da água indicadores de cenários de desconformidade em PMBH rurais**

Dentre os diversos parâmetros que a legislação estabelece para a classificação da qualidade da água em cursos d'água, foram identificados por esta pesquisa aqueles que se destacam proeminentemente como responsáveis pelos cenários de desconformidades da qualidade da água nas PMBH rurais analisadas. Os parâmetros identificados foram:

- Coliformes termotolerantes;
- Demanda bioquímica de oxigênio – DBO;
- Fósforo total;
- Compostos de nitrogênio;
- Oxigênio dissolvido – OD;
- pH;
- Sólidos dissolvidos;
- Turbidez

A análise dos estudos também chamou a atenção para alterações observadas em parâmetros como, condutividade, sólidos em suspensão e cor. Apesar de terem sido pouco observados dentre os parâmetros analisados nos estudos de qualidade da água avaliados, os resultados da análise desses parâmetros, quando ocorreram, se mostraram elevados.

Ressalta-se, também, a presença de compostos orgânicos associados a agrotóxicos, pouco considerados em monitoramentos da qualidade da água em PMBH rurais (ATTANASIO, 2004; BILICH, 2007; BRAGAGNOLO; PAN, 2000; EYMAEL, 2005; PARANÁ, 2014; PASTRO, 2015; SOUZA, 2006; XAVIER, 2005).

As alterações observadas nesses parâmetros em PMBH rurais ocorrem de forma recorrente e corroboram, assim, com a existência de um quadro comum a essa escala de gestão, tanto de uso e ocupação do solo como de seus impactos associados. A identificação desses parâmetros de qualidade da água, indicadores de cenários de desconformidade comumente observados em PMBH rurais, apresenta o potencial de auxiliar a execução de estudos e a resolução de cenários de desconformidade da qualidade da água, ao passo em que possibilita a adequação dos planos de monitoramento da qualidade da água ao incluir prioritariamente esses parâmetros, principais suspeitos de apresentarem-se em não conformidade na realidade dessa escala.

## 5.2 PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA PARA AUXÍLIO NA SELEÇÃO DE MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA

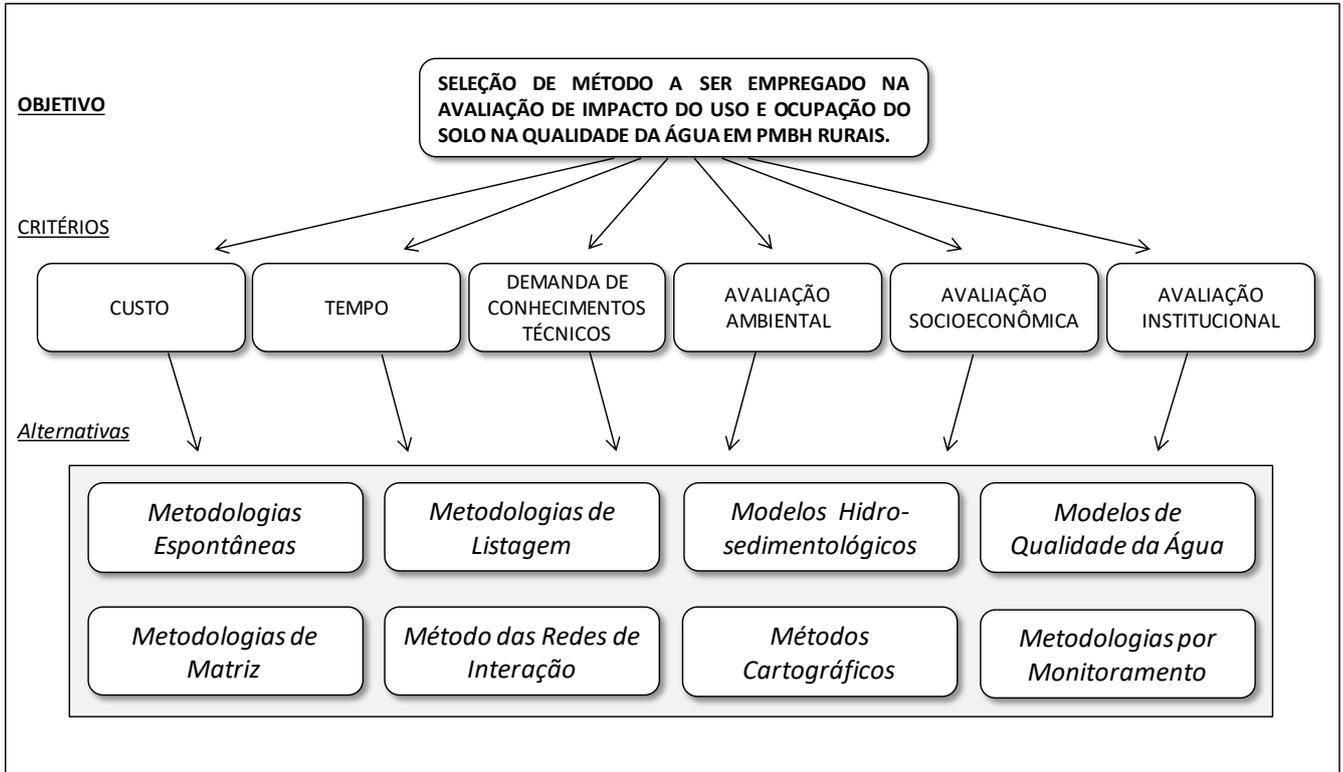
Os resultados apresentados nessa seção são fruto da pesquisa realizada sobre métodos de avaliação de impacto do uso e ocupação do solo e sua adequação ao emprego em PMBH rurais. Essa atividade proporcionou a definição de uma proposta de metodologia, a partir da utilização de ferramentas de análise multicriterial, para auxílio ao processo de seleção de método a ser empregado na avaliação de impacto do uso e ocupação do solo na qualidade da água em PMBH rurais.

Em essência, a metodologia proposta segue a uma simples linha de trabalho. Partindo de informações e características da bacia, o tomador de decisão determina a prioridade e peso de cada critério para a sua decisão. Com base nessa determinação é possível finalizar a análise multicriterial e obter como resultado uma lista com as alternativas metodológicas avaliadas, dispostas em ordem de recomendação. Esse resultado reflete a adequação das alternativas às necessidades e disponibilidades da PMBH rural em análise.

### 5.2.1 Base ferramental da proposta metodológica

A principal ferramenta utilizada na proposta metodológica desenvolvida é a análise multicriterial, tendo sido estabelecidas as suas bases (Figura 5), reservando os passos necessários para a sua finalização como atividades práticas da proposta.

Figura 5 – Bases da análise multicriterial



A realização do trabalho desenvolvido com especialistas, com a utilização do método Ad-Hoc, possibilitou a obtenção das notas para cada uma das 8 alternativas de método de avaliação de impacto em função dos 6 critérios considerados. Dos 65 especialistas convidados, apenas 16 responderam ao e-mail com a carta convite. Desses 16, apenas 10 se dispuseram a responder o questionário da pesquisa, o que representou uma taxa de resposta de aproximadamente 15,4%. Das 10 respostas obtidas, 5 não foram aproveitadas, visto que não seguiam as orientações apresentadas para o correto preenchimento do questionário. Sendo assim, foram utilizadas as opiniões de 5 especialistas para o cálculo das notas das alternativas, representando uma taxa de respostas válidas de 7,7%. As Tabelas 3 a 8

apresentam as avaliações realizadas pelos 5 especialistas e as notas das alternativas metodológicas em função dos critérios.

Tabela 3 – Avaliações dos especialistas e notas das alternativas em função do critério Custo

Critério: Custo	Especialistas					Média	Notas
	Esp 1	Esp 2	Esp 3	Esp 4	Esp 5		
Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	6	0	0	0	4	2,0	100
Metodologias de Listagem	5	3	3	2	0	2,6	91
Metodologias de Matriz	4	4	5	2	2	3,4	78
Método das Redes de Interação	3	4	5	3	5	4,0	69
Modelos de Qualidade da Água	2	10	6	6	8	6,4	31
Modelos Hidrossedimentológicos	0	9	7	10	6	6,4	31
Metodologias de Monitoramento	10	5	10	7	10	8,4	0
Métodos cartográficos	7	6	9	7	3	6,4	31

Tabela 4 – Avaliações dos especialistas e notas das alternativas em função do critério Tempo

Critério: Tempo	Especialistas					Média	Notas
	Esp 1	Esp 2	Esp 3	Esp 4	Esp 5		
Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	6	0	0	5	0	2,2	100
Metodologias de Listagem	5	2	4	0	2	2,6	94
Metodologias de Matriz	2	3	5	1	3	2,8	91
Método das Redes de Interação	0	5	8	2	4	3,8	76
Modelos de Qualidade da Água	9	7	9	5	5	7,0	29
Modelos Hidrossedimentológicos	8	10	9	10	6	8,6	6
Metodologias de Monitoramento	10	8	10	7	10	9,0	0
Métodos cartográficos	7	7	9	7	1	6,2	41

Tabela 5 – Avaliações dos especialistas e notas das alternativas em função do critério Demanda de Conhecimentos Técnicos

Critério: Demanda de Conhecimentos Técnicos	Especialistas					Média	Notas
	Esp 1	Esp 2	Esp 3	Esp 4	Esp 5		
Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	10	2	0	0	8	4,0	4
Metodologias de Listagem	8	0	4	7	0	3,8	0
Metodologias de Matriz	4	4	5	7	2	4,4	13
Método das Redes de Interação	0	5	8	7	4	4,8	21
Modelos de Qualidade da Água	7	8	8	7	9	7,8	83
Modelos Hidrossedimentológicos	6	8	10	9	10	8,6	100
Metodologias de Monitoramento	9	7	7	9	7	7,8	83
Métodos cartográficos	5	10	7	10	5	7,4	75

Tabela 6 – Avaliações dos especialistas e notas das alternativas em função do critério Avaliação Ambiental

Critério: Avaliação Ambiental	Especialistas					Média	Notas
	Esp 1	Esp 2	Esp 3	Esp 4	Esp 5		
Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	6	0	0	4	2	2,4	0
Metodologias de Listagem	5	4	5	0	3	3,4	14
Metodologias de Matriz	4	5	6	5	4	4,8	34
Método das Redes de Interação	0	7	7	6	7	5,4	43
Modelos de Qualidade da Água	9	9	7	9	5	7,8	77
Modelos Hidrossedimentológicos	8	10	8	9	9	8,8	91
Metodologias de Monitoramento	10	8	10	9	10	9,4	100
Métodos cartográficos	7	9	9	10	0	7	66

Tabela 7 – Avaliações dos especialistas e notas das alternativas em função do critério Avaliação Socioeconômica

Critério: Avaliação Socioeconômica	Especialistas					Média	Notas
	Esp 1	Esp 2	Esp 3	Esp 4	Esp 5		
Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	10	4	0	10	8	6,4	74
Metodologias de Listagem	9	0	6	4	6	5,0	37
Metodologias de Matriz	8	4	8	5	7	6,4	74
Método das Redes de Interação	7	6	8	6	10	7,4	100
Modelos de Qualidade da Água	3	6	9	0	0	3,6	0
Modelos Hidrossedimentológicos	4	7	8	0	1	4,0	11
Metodologias de Monitoramento	5	7	10	8	5	7,0	89
Métodos cartográficos	8	10	8	5	2	6,6	79

Tabela 8 – Avaliações dos especialistas e notas das alternativas em função do critério Avaliação Institucional

Critério: Avaliação Institucional	Especialistas					Média	Notas
	Esp 1	Esp 2	Esp 3	Esp 4	Esp 5		
Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	8	1	0	10	10	5,8	59
Metodologias de Listagem	7	0	3	5	9	4,8	29
Metodologias de Matriz	9	5	5	5	6	6,0	65
Método das Redes de Interação	6	5	6	5	8	6,0	65
Modelos de Qualidade da Água	5	6	7	0	1	3,8	0
Modelos Hidrossedimentológicos	4	7	8	0	0	3,8	0
Metodologias de Monitoramento	10	6	10	8	2	7,2	100
Métodos cartográficos	0	10	9	5	3	5,4	47

As notas das alternativas em função dos 6 critérios foram compiladas (Tabela 9) e compõe a base da análise multicriterial. Com essas informações estabelecidas é possível apresentar a metodologia proposta, que incorpora as atividades necessárias à finalização da análise multicriterial.

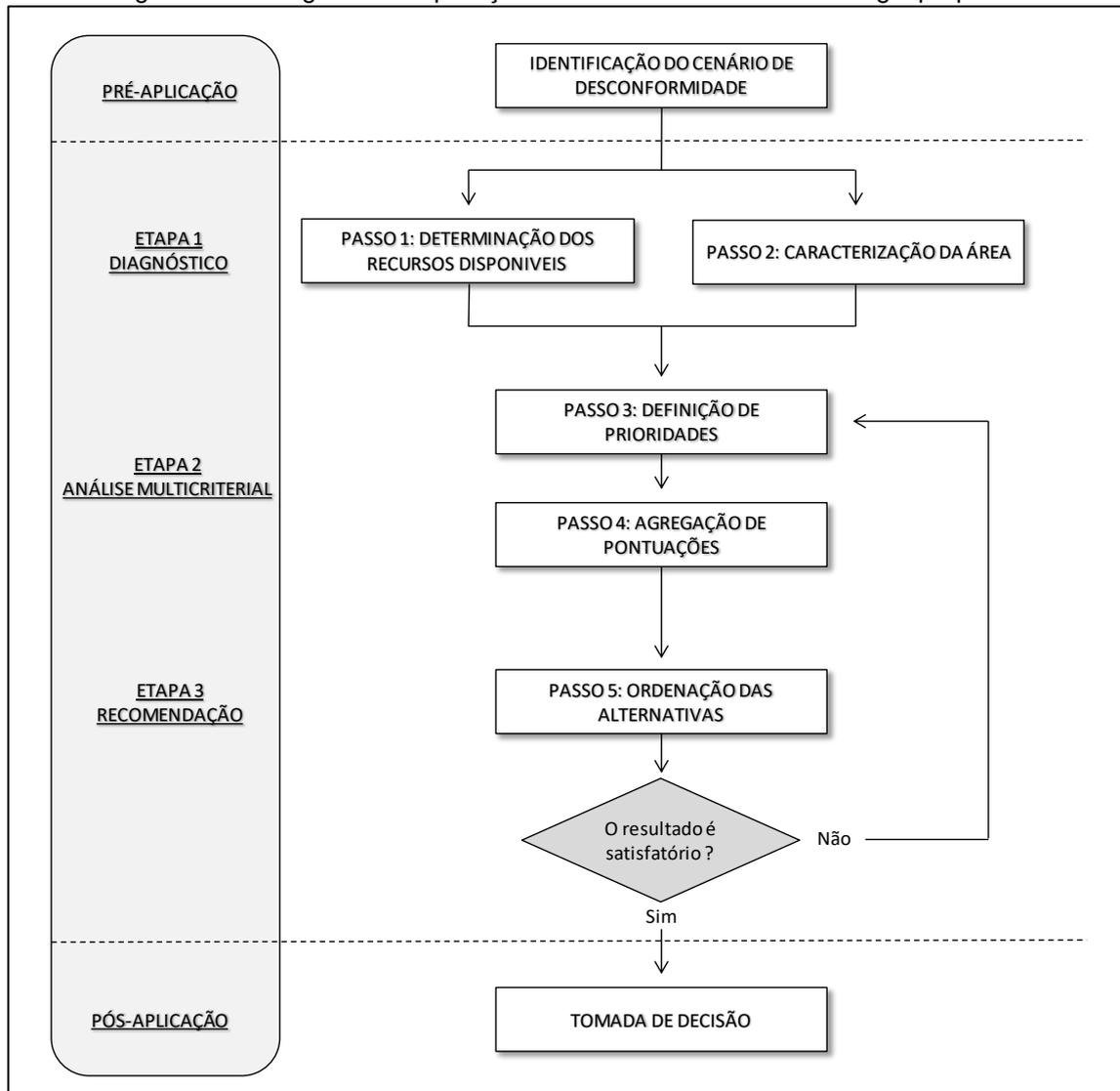
Tabela 9 – Notas das alternativas em função dos 6 critérios

Alternativas	Critérios					
	Custo	Tempo	Dem. Conh. Técnicos	Avaliação Ambiental	Avaliação Socioeconômica	Avaliação Institucional
Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	100	100	4	0	74	59
Metodologias de Listagem	91	94	0	14	37	29
Metodologias de Matriz	78	91	13	34	74	65
Método das Redes de Interação	69	76	21	43	100	65
Modelos de Qualidade da Água	31	29	83	77	0	0
Modelos Hidrossedimentológicos	31	6	100	91	11	0
Metodologias de Monitoramento	0	0	83	100	89	100
Métodos cartográficos	31	41	75	66	79	47

### 5.2.2 Versão inicial da metodologia proposta

A versão inicial da metodologia proposta apresenta 3 etapas, subdivididas em 5 passos, para a sua aplicação, sendo elas: 'Diagnóstico', 'Análise Multicriterial' e 'Recomendação'. Existem além dessas, outras duas etapas auxiliares que não compõem o corpo da proposta, a Pré-aplicação e a Pós-aplicação. A realização dessas duas etapas é facultativa e não influencia na aplicação da proposta ou em seus resultados. A execução da metodologia segue o fluxograma apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Fluxograma de aplicação da versão inicial da metodologia proposta



### 5.2.2.1 Pré-aplicação

Essa etapa é reservada a realização de atividades de caracterização da área em estudo e de identificação do cenário de desconformidade da qualidade da água. Algumas das atividades que podem ser realizadas nessa etapa são:

- A identificação dos usos da água;
- A realização de avaliações de qualidade da água de forma prospectiva;
- A identificação do cenário de desconformidade da qualidade da água em função dos usos da água observados.

Essas ações são importantes, pois levantam ou comprovam a demanda pela realização da avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na pequena ou microbacia hidrográfica rural, em estudo, e a consequente utilização da metodologia proposta para auxiliar na seleção de método a ser utilizado nessa avaliação. As informações apresentadas nas seções 5.1.2 e 5.1.3 podem auxiliar no planejamento e execução dessas ações.

É válido ressaltar que a Pré-aplicação não consiste de uma etapa da metodologia proposta em si. Portanto, não é obrigatória a sua realização para a aplicação da metodologia.

#### 5.2.2.2 Etapa 1 – Diagnóstico

A etapa 1 foi elaborada com o intuito de direcionar a obtenção de informações sobre a bacia hidrográfica em estudo e sobre o contexto que envolve a execução da avaliação de impactos a ser realizada. Essa foi dividida em 2 passos, sendo estes: Passo 1 – determinação dos recursos disponíveis; e Passo 2 – Caracterização da área de estudo.

As informações obtidas nessa etapa subsidiam a realização da etapa seguinte da proposta metodológica (Etapa 'Análise Multicriterial') e sua análise proporciona a identificação de um panorama sobre os recursos disponíveis e sobre os potenciais fatores relacionados ao uso e ocupação do solo que podem ser responsáveis pelos impactos observados nos recursos hídricos. Essas informações são essenciais não só para dar sequência a execução da proposta metodológica, como para o futuro planejamento da utilização da metodologia a ser selecionada para a avaliação de impactos a ser realizada.

A primeira versão do questionário desenvolvido para o emprego nessa etapa inclui 4 questões, sendo as 3 primeiras referentes ao Passo 1 e a questão 4 referente ao Passo 2 (Figura 7 a Figura 10). Sendo assim, para a execução da Etapa 'Diagnóstico' devem ser respondidas as questões contidas nos Passos 1 e 2.

As informações obtidas com a aplicação desse questionário serão avaliadas sobre a ótica dos 6 critérios de análise na segunda etapa da presente proposta. Os critérios são: Custo; Tempo; Demanda de Conhecimentos Técnicos; Avaliação Ambiental; Avaliação Socioeconômica; Avaliação Institucional.

Figura 7 – Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ pagina 1

**QUESTIONÁRIO DA ETAPA DIAGNÓSTICO**

**IDENTIFICAÇÃO**

Local: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Responsáveis: \_\_\_\_\_ Profissão/Cargo: \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Profissão/Cargo: \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Profissão/Cargo: \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_

**Passo 1: Determinação dos recursos disponíveis**

1) Quais os recursos financeiros disponíveis para a realização de uma avaliação de impacto dos usos/manejo do solo?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2) Qual é a estimativa de prazo para a realização de uma avaliação de impacto dos usos/manejo do solo?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3) Qual o nível de detalhamento desejado nos resultados da avaliação de impacto dos usos/ manejo do solo? Quem serão os profissionais responsáveis pela realização dessa avaliação? Eles serão uma equipe contratada ou uma equipe própria?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fonte: Produção do próprio autor

Figura 8 – Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ pagina 2

**Passo 2: Caracterização da área de estudo**

4) Avalie os fatores<sup>1</sup> apresentados nos quadros a seguir, apontando, a partir da sua percepção da bacia hidrográfica, a condição em que cada fator se encontra. Para isso considere:

- Relação positiva/ neutra – Quando a condição de um dado fator influencia diminuindo os impactos nos recursos hídricos ou quando não influencia nem para aumentar nem para diminuir os impactos;
- Relação negativa – Quando a condição de um dado fator influencia para a ocorrência ou intensificação dos impactos nos recursos hídricos;
- Incerta – Avaliação utilizada quando não se tem certeza sobre a condição de um dado fator na bacia hidrográfica

1 - Avalie os fatores de forma independente, sem considerar as influencias existentes entre os fatores.

Figura 9 – Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ pagina 3

Fatores	Condições em que os fatores apresentam relação com os impactos nos recursos hídricos (Qualidade e/ou Quantidade de água)		Percepção do Avaliador		
	Relação positiva / Neutra	Relação negativa	Positiva/ neutra	Negativa	Incerta
Aplicação de defensivos agrícolas	Quando são aplicados de forma adequada, seguindo as orientações e demandas específicas para cada cultura.	Quando ocorrem aplicações em excesso, sem orientação técnica e quando há o descarte irregular de embalagens ou produtos fora do prazo de validade.	( )	( )	( )
Aplicação de fertilizantes	Quando são aplicados de forma adequada, respeitando os critérios técnicos para cada cultura, solo e propriedade.	Quando são aplicados em excesso ou sem orientação técnica.	( )	( )	( )
Atividade de Irrigação	Quando é realizada seguindo as recomendações técnicas para cada cultura, respeitando a disponibilidade dos recursos hídricos locais.	Quando é mal manejada, aplicada em excesso, ou é realizada sem respeitar as recomendações técnicas e a disponibilidade dos recursos hídricos locais.	( )	( )	( )
Características físico-químicas do solo	Quando não há alterações das características do solo pela ação humana e as concentrações de íons e minerais são baixas.	Quando os solos apresentam grandes concentrações de minerais, íons e características que favoreçam sua erosão.	( )	( )	( )
Clima	Quando as condições climáticas locais não apresentam picos extremos, como grande enchurradas ou secas prolongadas.	Quando a região apresenta episódios climáticos extremos, como grandes enchurradas, secas prolongadas, precipitações de longa duração ou de curto período, mas grande intensidade.	( )	( )	( )
Estradas vicinais	Quando as estradas encontram-se conservadas e com estruturas adequadas ao controle de enchurradas.	Quando as estradas não encontram-se conservadas e/ou não apresentam estruturas adequadas ao controle de enchurradas.	( )	( )	( )
Práticas conservacionistas	Quando são realizadas de forma adequada, respeitando os critérios técnicos para cada cultura e propriedade.	Quando não são realizadas ou realizadas sem conhecimento ou orientação técnica adequada.	( )	( )	( )
Presença de animais próximo aos recursos hídricos	Quando os animais não têm acesso direto aos cursos d'água ou reservatórios, caso esses sejam utilizados para outros fins.	Quando os animais têm livre acesso as margens dos cursos d'água e reservatórios, caso esses sejam utilizados para outros fins.	( )	( )	( )
Presença de APP's e cobertura florestal	Quando as APP's, áreas de reserva legal e demais áreas florestadas encontram-se preservadas.	Quando há o desmatamento de áreas que deveriam estar florestadas.	( )	( )	( )
Qualidade da água para a irrigação	Quando a qualidade da água utilizada na irrigação está dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.	Quando a qualidade da água não atende aos padrões estabelecidos pela legislação.	( )	( )	( )
Relevo	Quando a região apresenta vertentes com baixos declives e comprimentos.	Quando a região apresenta vertentes com grandes declives e comprimentos, comumente observadas em regiões montanhosas.	( )	( )	( )

Fonte: Produção do próprio autor

Figura 10 – Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ pagina 4

Fatores	Condições em que os fatores apresentam relação com os impactos nos recursos hídricos (Qualidade e/ou Quantidade de água)		Percepção do Avaliador			
	Relação positiva / Neutra	Relação negativa	Positiva/ neutra	Negativa	Incerta	
Fatores Socioeconômicos	Subdivisão familiar	Quando há um planejamento para a divisão das terras e utilização do solo e dos recursos naturais.	Quando a divisão das terras é realizada sem planejamento, levando a uma maior pressão sobre os recursos hídricos e diminuição de áreas florestadas.	( )	( )	( )
	Credito rural	Quando a liberação de credito rural está atrelada ao emprego de praticas de conservação de solo e água.	Quando a liberação de credito rural não é atrelada ao emprego de praticas de conservação de solo e água por parte do produtor rural.	( )	( )	( )
	Presença de Cooperativas e associações	Quando essas sociedades civis estão presentes na bacia hidrográfica e promovem o compartilhamento de informações sobre boas práticas agrícolas.	Quando essas sociedades civis estão presentes na bacia hidrográfica, mas são negligentes quanto ao tema dos impactos dos usos e manejos do solo nos recursos hídricos.	( )	( )	( )
	Produtividade e produção das culturas	Quando o aumento na produtividade e/ou produção está relacionado com o aumento da eficiência no uso da água e no uso de insumos agrícolas.	Quando o aumento na produção e/ou produtividade está associado à intensificação no uso da água e no uso de insumos agrícolas.	( )	( )	( )
	Qualificação do trabalhador rural	Quando os trabalhadores rurais têm conhecimento sobre como executar as atividades agrícolas de forma adequada.	Quando a falta de qualificação dos trabalhadores rurais propicia a execução de praticas agrícolas inadequadas.	( )	( )	( )
	Renda per capita	Quando a renda per capita não se mostra fator limitante para a utilização de insumos, equipamentos e praticas conservacionistas que causam menores impactos aos recursos hídricos.	Quando a renda per capita se mostra fator limitante para a utilização de insumos, equipamentos e praticas conservacionistas que causam menores impactos aos recursos hídricos.	( )	( )	( )
	Saneamento básico	Quando existem ações adequadas na área de saneamento básico, como: casas com fossas sépticas, coleta de resíduos, manejo da água pluvial, entre outras.	Quando não existem ações adequadas na área de saneamento básico, como: casas com fossas sépticas, coleta de resíduos, manejo da água pluvial, entre outras.	( )	( )	( )

Fatores	Condições em que os fatores apresentam relação com os impactos nos recursos hídricos (Qualidade e/ou Quantidade de água)		Percepção do Avaliador			
	Relação positiva / Neutra	Relação negativa	Positiva/ neutra	Negativa	Incerta	
Fatores Institucionais	Benfeitorias e serviços públicos	Quando existem benfeitorias estruturais e serviços públicos de qualidade disponíveis à população rural.	Quando não existem benfeitorias estruturais, ou elas se encontram em condições precárias, e os serviços públicos não atendem as demandas da população.	( )	( )	( )
	Educação ambiental	Quando os produtores rurais têm conhecimento sobre a importância da preservação do meio ambiente e como isso afeta as atividades agrícolas.	Quando os produtores rurais não têm conhecimento sobre a importância da preservação do meio ambiente e como isso afeta as atividades agrícolas.	( )	( )	( )
	Estado como agente incentivador	Quando o estado está presente incentivando a utilização de práticas, técnicas e insumos que causam menor impacto nos recursos hídricos.	Quando o estado não está presente como agente incentivador de práticas que causem menor impacto nos recursos hídricos.	( )	( )	( )
	Presença fiscalizadora	Quando o estado está presente realizando ações de fiscalização sobre os usos da água e ocupação do irregular do território.	Quando o estado não está presente realizando ações de fiscalização sobre os usos da água e ocupação do irregular do território.	( )	( )	( )
	Presença técnica	Quando o estado está presente difundindo o conhecimento técnico, auxiliando o produtor rural no emprego de boas práticas agrícolas.	Quando o estado não está presente difundindo o conhecimento técnico que auxilia o produtor rural no emprego de boas práticas agrícolas.	( )	( )	( )

Fonte: Produção do próprio autor

A questão 1 busca obter informações quanto aos recursos disponíveis para a realização da avaliação de impactos. Tem relação direta com o critério 'Custo' e se mostra importante por ser um recurso limitante para a utilização das metodologias.

A questão 2 foi elaborada com a intenção de elucidar o prazo disponível para a realização dos estudos. As respostas para essa questão também podem refletir o prazo limite para a obtenção de resultados. Dessa forma, ao analisar o critério 'Tempo', que avalia as alternativas metodológicas em função do tempo necessário a cada uma para a obtenção de resultados, é possível compatibilizar a disponibilidade de tempo com as demandas das metodologias para apresentar os resultados.

A questão 3 tem relação com o critério 'Demanda de conhecimentos técnicos', que conforme apresentado na metodologia (seção 4.2) representa a demanda em termos de equipe técnica especializada necessária a execução das alternativas metodológicas analisadas, e indiretamente aponta o nível de profundidade e detalhamento possível de ser obtido nos resultados. Metodologias que possibilitam a obtenção de resultados mais detalhados e abrangentes necessitam de um maior conhecimento técnico associado a sua aplicação quando comparado a metodologias que entregam resultados mais simplificados. Sendo assim, a questão 3 visa, além de identificar os apontamentos feitos acima, avaliar a compatibilidade entre o que se busca em termos de resultados com o que é possível alcançar com a equipe de profissionais disponível para a realização dos estudos.

Já a questão 4 foi concebida com o objetivo de auxiliar ao tomador de decisão na identificação do tipo mais adequado de avaliação a ser empregado. A partir da obtenção da percepção sobre a bacia hidrográfica, nos aspectos ambiental, socioeconômico e institucional, é possível apontar o tipo de relação que cada fator, associado ao uso e ocupação do solo, apresenta com os impactos observados nos recursos hídricos. Desta forma, fatores que apresentem relação negativa ou que a percepção seja incerta merecem a devida investigação sobre os impactos associados aos mesmos. A análise da resposta da questão 4, como um todo, pode então, com base no número de fatores que apresentarem-se com relação negativa, definir a prioridade quanto ao tipo de avaliação a ser realizado na bacia, seja ela de caráter ambiental, socioeconômico ou institucional. Além disso, é possível

determinar pontualmente os fatores que merecem atenção durante a realização dessa avaliação.

#### 5.2.2.3 Etapa 2 – Análise multicriterial

Esta etapa tem por finalidade compor a análise multicriterial desenvolvida para analisar as metodologias passíveis de utilização na avaliação de impacto do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos em PMBH rurais. As atividades necessárias à sua conclusão são parte central da proposta metodológica desenvolvida, sendo reservadas para a aplicação na presente etapa na forma dos Passos 3 e 4, 'Definição de prioridades' e 'Agregação de pontuações', respectivamente.

O Passo 3 refere-se à definição de prioridade entre os critérios em função do objetivo estabelecido para a análise multicriterial (seleção de método de avaliação de impacto do uso e ocupação do solo para o emprego em PMBH rurais) e posterior definição de seus pesos. Essa atividade tem como base a utilização do método ROC, proposto por Edwards e Barron (1994).

Na medida em que as alternativas foram analisadas sobre uma ótica estabelecida para cada critério durante a definição das informações base da análise multicriterial, a análise dos critérios realizada nesse passo deve seguir a mesma ótica. Sendo assim, elaborou-se um quadro com orientações sobre quando priorizar cada um dos critérios (Quadro 3).

Quadro 3 – Orientações sobre quando priorizar cada um dos critérios

<b>Critérios</b>	<b>Quando priorizar?</b>
Custo	Quando os recursos financeiros disponíveis forem baixos.
Tempo	Quando se busca resultados em curto prazo.
Demanda de Conhecimentos Técnicos	Quando se busca resultados mais detalhados e se dispuser de equipe técnica compatível com a demandada para a obtenção de tais resultados.
Avaliação Ambiental	Quando se busca considerar na avaliação a influência dos fatores ambientais nos impactos causados nos recursos hídricos.
Avaliação Socioeconômica	Quando se busca considerar na avaliação a influência dos fatores socioeconômicos no uso e ocupação do solo e seus impactos;
Avaliação Institucional	Quando se busca considerar na avaliação a influência dos fatores institucionais no uso e ocupação do solo e seus impactos.

A definição de prioridades entre os critérios para a tomada de decisão deve ser estabelecida com base nas orientações apresentadas no Quadro 3. Em se tratando da utilização do método ROC, os critérios devem ser ordenados conforme a ordem de priorização, para o então estabelecimento dos seus respectivos pesos. Em outros métodos, as orientações apresentadas no Quadro 3 ajudarão a definir a prioridade relativa entre os critérios, possibilitando a obtenção dos seus pesos.

No método ROC os pesos dos critérios são determinados conforme a ordem de prioridade dos mesmos, onde o critério de maior prioridade recebe o maior peso e os demais recebem pesos com valores decrescentes com base na ordem de classificação de prioridade dos critérios (Quadro 4). Os valores dos pesos são fixos, calculados a partir de uma equação matemática onde a única variável é o número de critérios. A fundamentação teórica do método pode ser conferida na seção 3.5.1 da revisão bibliográfica.

Quadro 4 – Determinação dos pesos dos critérios através do método ROC

<b>Ordem de classificação</b>	<b>Peso conforme método ROC</b>
1º Critério	0,408
2º Critério	0,242
3º Critério	0,158
4º Critério	0,103
5º Critério	0,061
6º Critério	0,028

Por conta de suas características, o método ROC apresenta a vantagem da fácil determinação dos pesos dos critérios, o que é um ponto positivo para a proposta desenvolvida, na medida em que simplifica e otimiza o tempo para a sua utilização, aumentando a sua aplicabilidade. A desvantagem do método está na impossibilidade de determinação de critérios com a mesma prioridade, mesmos pesos, por conta de o método apresentar valores fixos para os pesos. Tal questão também impossibilita a determinação de diferentes configurações de pesos que considerem graus de importância variados entre os critérios.

Em função dessa questão, a proposta metodológica abre a possibilidade para que sejam utilizados métodos de análise multicriterial alternativos na determinação dos pesos dos critérios. Esses métodos possibilitarão variadas configurações de pesos e contornarão as limitações impostas da aplicação do método ROC. Deve-se ter em mente, porém, que a utilização de um método alternativo poderá demandar um maior esforço matemático, além da necessidade do conhecimento técnico associado à aplicação do mesmo.

Independente do método a ser utilizado, para a definição dos pesos dos critérios, é necessário que sejam seguidas as orientações elaboradas para a execução do Passo 3, da etapa 2 da proposta metodológica.

Sendo essa uma Etapa onde há tomada de decisão, podem ocorrer situações onde a responsabilidade seja atribuída a mais de um decisor, com a formação de um grupo. Na ocorrência desse caso existem 2 cenários possíveis. No primeiro deles, o grupo apresenta consenso sobre a ordem de priorização dos critérios e suas importâncias para a tomada de decisão, de tal forma que a determinação dos pesos dos critérios segue conforme apresentado na presente seção. Já no segundo, o grupo não apresenta consenso, o que dificulta a tomada de decisão. Diante disso, devem ser utilizadas ferramentas ou meios para a obtenção de um resultado que agregue os diferentes pontos de vista. Goodwin e Wright (2004) apresentam diversas formas de trabalhar a tomada de decisão em grupo, as quais podem consideradas na resolução do problema apresentado.

Após a realização do Passo 3 é dada sequência a atividade do Passo 4: Agregação de pontuações.

O Passo 4 consiste na finalização dos cálculos da análise multicriterial e obtenção das pontuações finais das alternativas metodológicas analisadas. Conforme apresentado na seção 4.2, o cálculo para a pontuação final de uma alternativa consiste do somatório da multiplicação da nota da alternativa, em função de um critério, pelo peso do mesmo critério. O Quadro 5 foi elaborado para auxiliar na realização desses cálculos. Para sua utilização é necessário que sejam inseridos apenas os pesos dos critérios obtidos no Passo 3. Compõem, então, os resultados da análise multicriterial as pontuações finais das 8 alternativas analisadas.

Quadro 5 – Quadro auxiliar para cálculo das pontuações finais das alternativas metodológicas

ALTERNATIVAS	CRITÉRIOS						PONTUAÇÃO FINAL												
	Pesos	Custo	Tempo	Demanda de Conhecimentos Técnicos	Avaliação Ambiental	Avaliação Socioeconômica		Avaliação Institucional											
Metodologias Espontâneas	(	x 100 )	+	(	x 100 )	+	(	x 4 )	+	(	x 0 )	+	(	x 74 )	+	(	x 59 )	=	
Metodologias de Listagem	(	x 91 )	+	(	x 94 )	+	(	x 0 )	+	(	x 14 )	+	(	x 37 )	+	(	x 29 )	=	
Metodologias de Matriz	(	x 78 )	+	(	x 91 )	+	(	x 13 )	+	(	x 34 )	+	(	x 74 )	+	(	x 65 )	=	
Método das Redes de Interação	(	x 69 )	+	(	x 76 )	+	(	x 21 )	+	(	x 43 )	+	(	x 100 )	+	(	x 65 )	=	
Modelos de Qualidade de Água	(	x 31 )	+	(	x 29 )	+	(	x 83 )	+	(	x 77 )	+	(	x 0 )	+	(	x 0 )	=	
Modelos Hidrossedimentológicos	(	x 31 )	+	(	x 6 )	+	(	x 100 )	+	(	x 91 )	+	(	x 11 )	+	(	x 0 )	=	
Metodologias por Monitoramento	(	x 0 )	+	(	x 0 )	+	(	x 83 )	+	(	x 100 )	+	(	x 89 )	+	(	x 100 )	=	
Métodos Cartográficos	(	x 31 )	+	(	x 41 )	+	(	x 75 )	+	(	x 66 )	+	(	x 79 )	+	(	x 47 )	=	

#### 5.2.2.4 Etapa 3 – Recomendação

Nessa terceira Etapa da proposta metodológica há apenas a atividade do Passo 5, 'Ordenação das alternativas', que organiza as alternativas em função de suas pontuações finais, obtidas na conclusão do Passo 4 da Etapa 'Análise Multicriterial', para que então seja apresentado o resultado da aplicação da proposta metodológica.

Para a apresentação do resultado, as alternativas metodológicas devem ser ordenadas de forma decrescente em função de suas pontuações finais, de modo que, a primeira alternativa apresente a maior pontuação e a última a menor. Dessa forma é estabelecida a ordem de recomendação para a seleção de metodologia a ser empregada na avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na desconformidade da qualidade da água em PMBH rural, com base na pontuação obtida, onde a alternativa com a maior pontuação terá o primeiro lugar na ordem de recomendação, sendo as demais recomendadas conforme a sua classificação. Adicionalmente, recomenda-se o cálculo das pontuações idealizadas, onde a maior pontuação recebe o valor 1 e as demais, frações da maior pontuação. Essa forma de apresentar os resultados facilita a sua análise por criar um referencial de base unitária. A realização do cálculo da pontuação idealizada pode auxiliar no processo de tomada de decisão, sendo aconselhado por Saaty (2006) e utilizado por muitos autores, como Caixeta, Belderrain e Silva (2016), Hernández e Bastos (2015) e Quadro (2012).

Na sequência, o tomador de decisão deve avaliar se a ordem de recomendação, das alternativas metodológicas, obtida, apresenta coerência com as demandas e disponibilidades apresentadas na Etapa 1 (Diagnóstico), com base na análise das características das alternativas, para que então possa-se passar a pós-aplicação e a tomada de decisão. Ressalta-se que essa avaliação, assim como a definição dos pesos dos critérios, realizado na Etapa 2, apresenta certo grau de subjetividade, que influencia nos resultados obtidos. Por conta disso, caso seja considerado que o resultado obtido não é satisfatório, recomenda-se que retorne a Etapa 2 e sejam estabelecidos novos pesos para os critérios, que melhor correspondam as demandas e disponibilidades apresentadas na Etapa 1, sejam eles oriundos do

método ROC ou da aplicação de um método alternativo, para que então seja obtido de um novo resultado.

Ao se obter um resultado satisfatório da aplicação da proposta metodológica, pode-se realizar a tomada de decisão, etapa chamada de pós-aplicação.

#### 5.2.2.5 Pós-aplicação

A Pós-aplicação consiste na ação de tomada de decisão realizada após a obtenção dos resultados da aplicação da metodologia proposta, ou seja, a seleção da metodologia a ser utilizada na avaliação de impacto do uso e ocupação do solo na qualidade da água na pequena ou microbacia hidrográfica em estudo. Assim como na Pré-aplicação a sua realização não é obrigatória, visto que em muitas situações são realizadas apenas simulações de aplicação da proposta metodológica.

Na etapa de Pós-aplicação, não há a obrigatoriedade pela seleção/adoção da primeira alternativa na ordem de recomendação. Deve-se realizar a tomada de decisão tendo em mente que as alternativas de maior pontuação são as que melhor se adequam as demandas por resultados e recursos disponíveis associados ao estudo em questão.

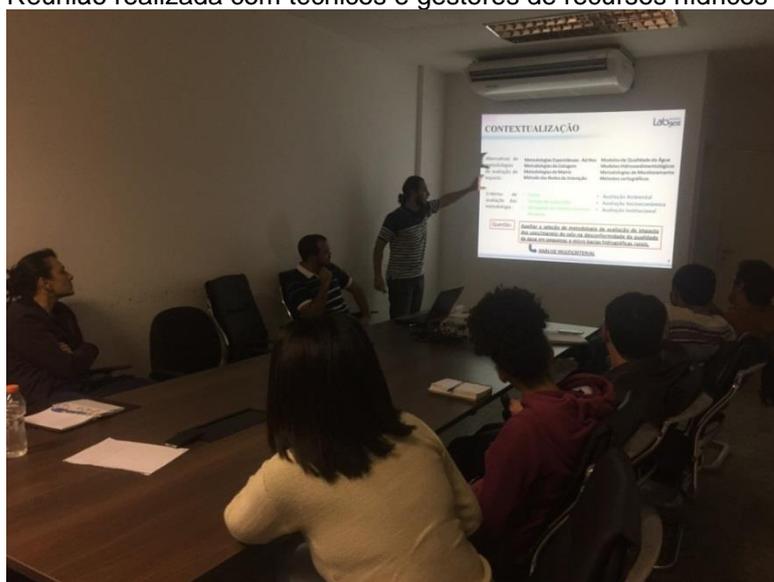
Um ponto que pode influenciar significativamente na tomada de decisão diz respeito ao tipo de avaliação que se deseja realizar, por exemplo: apenas a avaliação do aspecto ambiental; apenas a avaliação dos aspectos institucionais; ou a avaliação do aspecto ambiental e socioeconômico; entre outros. Apesar de todas as alternativas terem sido avaliadas em sua capacidade de aplicação na avaliação dos 3 aspectos relacionados ao uso e ocupação do solo em PMBH rurais (Ambiental, Socioeconômico e Institucional), há situações onde é indicado aplicar a proposta desenvolvida mais de uma vez, priorizando em cada uma das aplicações um tipo de avaliação em específico. Tais situações podem proporcionar a seleção das metodologias mais adequadas a cada um dos tipos de avaliação a ser realizado, visando à utilização de mais de uma metodologia em conjunto na avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na desconformidade da qualidade da água.

### 5.2.3 Primeira fase de avaliação da proposta metodológica

Na primeira fase de avaliação a proposta metodológica foi apresentada ao órgão gestor de recursos hídricos do estado do Espírito Santo, a AGERH-ES (Figura 11), para obtenção de contribuições para o seu aperfeiçoamento e para a avaliação do seu potencial de aplicação. Desse encontro, foram as seguintes as principais mensagens dos participantes:

- A versão inicial da proposta, consistida de 5 passos distribuídos em 3 etapas, com a explicitação de toda a fundamentação matemática, mostrou-se de difícil compreensão/entendimento;
- A incorporação de exemplo de aplicação prática à proposta, com o objetivo de elucidar o passo a passo da execução de cada etapa que a compõe, seria muito bem-vinda;
- A revisão do questionário da Etapa ‘Diagnóstico’, a fim de facilitar a sua compreensão e execução, principalmente com respeito à questão que avalia a relação dos fatores ambientais, socioeconômicos e institucionais com os impactos nos recursos hídricos, seria uma necessidade;
- Sugestão de substituição do termo defensivo agrícola pelo termo agrotóxico, considerado mais adequado ao contexto.

Figura 11 – 1ª Reunião realizada com técnicos e gestores de recursos hídricos da AGERH-ES



As recomendações obtidas na primeira fase de avaliação da proposta metodológica levaram à sua revisão e a definição da realização de outras 2 fases, consideradas necessárias para a complementação da avaliação da proposta e revisão de suas etapas.

Foi estabelecido, então, que a segunda fase de avaliação teria como foco a principal a avaliação da Etapa 'Diagnóstico', sendo realizada com representantes de comitês de bacia hidrográfica com perfil técnico, visto que esses profissionais serão os principais responsáveis por executarem essa Etapa da proposta.

Para a terceira e última fase de avaliação, foi determinada uma nova apresentação para a AGERH-ES, de modo que fosse apresentada a versão final da proposta metodológica, onde seriam incluídas as sugestões e contribuições apresentadas no primeiro encontro e na segunda fase de avaliação.

Após essa primeira fase de avaliação, a proposta passou a ter apenas as 3 etapas de aplicação, sendo revisada a subdivisão em 5 passos. Tal medida visou à simplificação da proposta, o que facilitou o seu entendimento. O termo agrotóxico foi adotado em lugar de defensivo agrícola. Por fim, foi acatada a sugestão de inclusão, na proposta, de exemplo de aplicação prática, sendo o mesmo desenvolvido após a realização da segunda fase de avaliação da proposta e definição de sua versão final.

#### **5.2.4 Segunda fase de avaliação da proposta metodológica**

A segunda fase de avaliação, realizada com 3 representantes de comitês de bacias hidrográficas do Estado do Espírito Santo, com perfil técnico, em encontros distintos, objetivou-se a apresentação da proposta metodológica, com foco na avaliação e validação das informações contidas na Etapa 'Diagnóstico'. Foram as seguintes as contribuições e observações resultantes:

- Os 3 participantes consideraram as questões 1 e 2 claras e passíveis de aplicação no âmbito dos comitês de bacia hidrográfica;
- Foi sugerida a separação da questão 3 em duas questões e a inclusão de opções de marcação para a identificação do tipo de equipe que será

responsável pela execução dos estudos. Tais sugestões visaram facilitar o entendimento e a aplicação dessas questões;

- Dois dos 3 participantes compreenderam a questão 4, desde as informações nela contida, até as orientações para o seu correto preenchimento. O terceiro participante não compreendeu como realizar a avaliação de algum dos fatores, apontando que não conseguiria avaliá-los de forma independente. Esse mesmo participante demonstrou dificuldade em entender as orientações para o correto preenchimento da questão;
- Na questão 4 foi sugerida a inclusão do campo 'não se aplica', visto que alguns fatores podem não estar presentes em todas as PMBH rurais;
- Foram considerados válidos os fatores identificados na seção 5.1 e que integram a questão 4, de modo que abrangem adequadamente o tema de estudo;
- Foram apresentadas sugestões de fatores, relacionados ao uso e ocupação do solo, que poderiam ser avaliados para a inclusão na questão 4, bem como as considerações que os participantes apontaram para tais indicações (Quadro 6);
- Foi indicada a necessidade de apresentação de diretrizes para o correto preenchimento do questionário da Etapa diagnóstico;
- Os participantes consideraram que a proposta, apesar de necessitar de revisões na etapa 'Diagnóstico', é de fácil entendimento e apresenta potencial de aplicação.

Quadro 6 – Fatores indicados para inclusão no escopo do questionário da Etapa ‘Diagnóstico’

Fatores	Considerações da sua indicação
Presença de atividades agroindustriais significativas	Essa informação dá uma ideia do impacto no consumo e na “poluição” dos recursos hídricos e ajuda a caracterizar o perfil da bacia.
Tamanho médio das propriedades rurais	Ajuda a caracterizar a forma de uso e ocupação do solo na bacia;
Existência de Comitê de Bacia e Plano de Bacia para a área em análise.	Na medida em que o Comitê é a primeira instância de gestão das bacias hidrográficas, é importante saber se ele existe, pois pode dar ideia de organização e mobilização existente na bacia. Além de ser um ente que pode ser parceiro a posteriori.
Reservação hídrica	A justificativa da indicação é a escassez hídrica. A reservação hídrica, principalmente com a construção de barragens, é atividade de grande relevância quando são bem projetadas e dimensionadas, caso contrário podem causar impactos muito graves.
Uso de água subterrânea	A justificativa da indicação é a escassez hídrica. A falta de água superficial tem levado uma exploração da água subterrânea de forma desesperada e descontrolada.

As sugestões recebidas na segunda fase de avaliação, referentes à elaboração do questionário da Etapa ‘Diagnóstico’, foram devidamente incorporadas na versão final da proposta, a exceção da inclusão das indicações de fatores, apresentados no Quadro 6. Considerou-se que para realizar a inclusão desses fatores seria necessário que os mesmos fossem identificados de forma análoga ao realizado para os demais fatores já inclusos na questão 4 do questionário, atividade realizada na seção 5.1.

Foi realizada uma revisão nas referências utilizadas no escopo da seção 5.1 em busca de indicações sobre os fatores sugeridos pelos participantes, mas não foram encontradas indicações que sustentassem a inclusão desses fatores. Por esse trabalho tratar do desenvolvimento de uma proposta de metodologia a ser aplicada em PMBH rurais, é importante considerar as características e peculiaridades dessa escala de gestão, conseqüentemente os fatores associados a essas, que podem influenciar nos impactos do uso e ocupação do solo na qualidade da água. Portanto, faz-se importante para a sua inclusão no questionário, que os mesmos sejam apontados, também, por avaliações e estudos realizados em PMBH rurais.

As experiências obtidas com a execução dessa fase de avaliação também auxiliaram no desenvolvimento de diretrizes para a aplicação da proposta metodológica desenvolvida, de modo a orientar a execução da Etapa ‘Diagnóstico’ e facilitar o seu entendimento. As diretrizes são apresentadas na seção 5.3.

Um dos participantes dessa segunda fase de avaliação apresentou o interesse em aplicar a proposta desenvolvida em uma microbacia hidrográfica rural localizada dentro da bacia hidrográfica de atuação do comitê ao qual representa. Em vista disso, realizou-se o exemplo de aplicação prática da proposta metodológica para a bacia sugerida pelo participante, com o seu auxílio na execução das etapas. Para tanto foi elaborada uma versão final da metodologia proposta, desenvolvida de forma participativa a partir da inclusão das sugestões e contribuições obtidas na primeira e segunda fase de avaliação.

#### **5.2.5 Versão final da metodologia proposta**

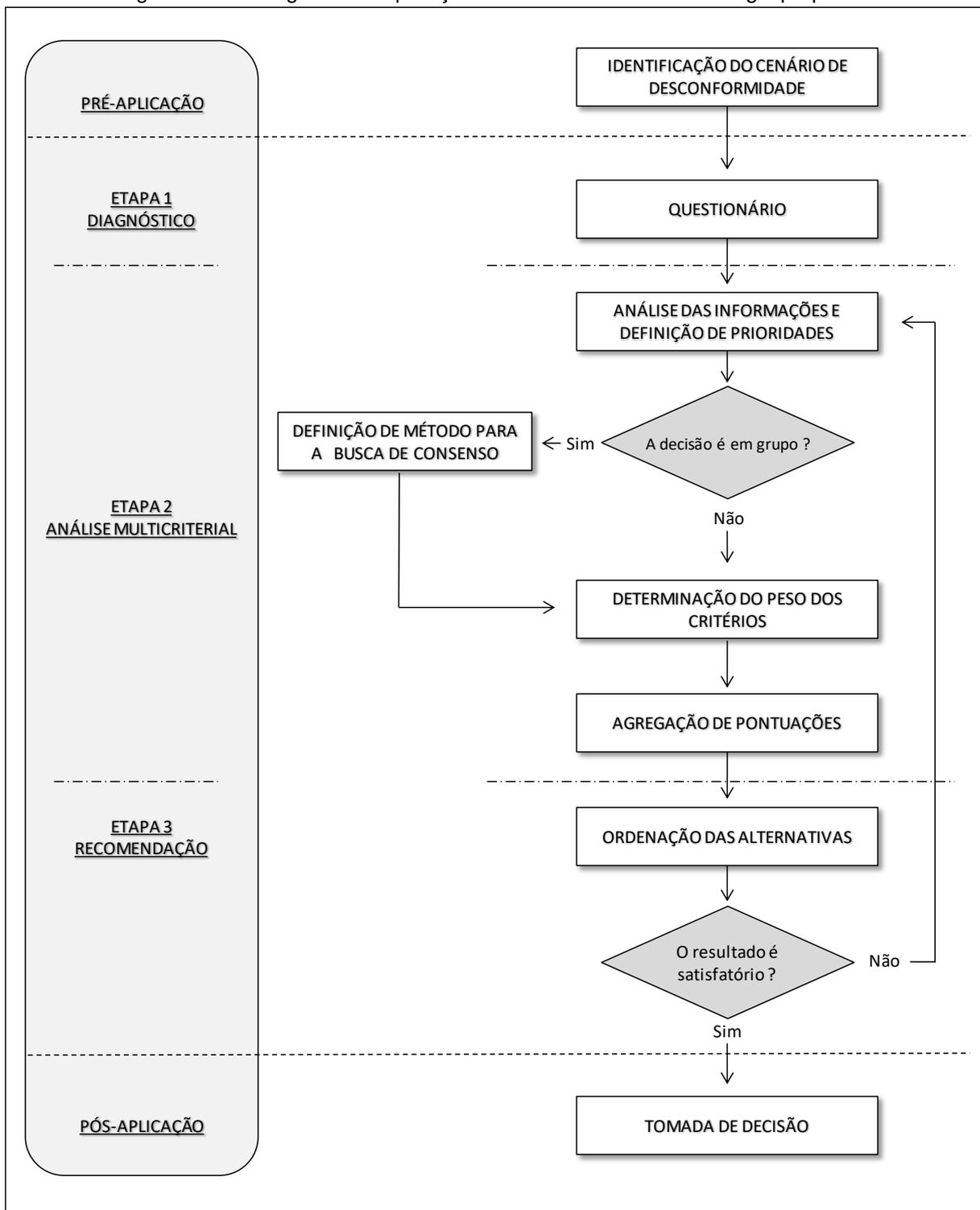
As várias contribuições recebidas durante as fases de desenvolvimento e avaliação possibilitaram a elaboração de uma proposta modificada/ajustada em relação à versão inicial, aqui denominada de “Versão final”, tendo também sido agregada a essa um exemplo de aplicação como forma de demonstrar o passo a passo de sua aplicação. O exemplo de aplicação é apresentado na seção 5.2.5.1.

A versão final foi construída de forma participativa, na medida em que agregou ao longo do seu desenvolvimento a opinião e as sugestões apresentadas por pesquisadores e especialistas em avaliação do impacto do uso e ocupação do solo, técnicos representantes da AGERH–ES e profissionais representantes de comitês de bacia hidrográfica do estado do Espírito Santo.

Essa versão apresenta apenas a divisão em etapas de aplicação, sendo elas ‘Pré–aplicação’, ‘Diagnóstico’, ‘Análise Multicriterial’, ‘Recomendação’, e Pós–aplicação, tendo sido revisada a subdivisão em 5 passos. A alteração realizada teve como objetivo tornar a proposta mais simples e de fácil compreensão, potencializando a sua aplicação. Sendo assim, a versão final da proposta segue a configuração de

etapas, e respectivas atividades para as suas conclusões, conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Fluxograma de aplicação da versão final da metodologia proposta



Outras revisões foram feitas em prol desse mesmo objetivo. Entre elas destaca-se a revisão realizada no questionário da Etapa 'Diagnóstico', onde foram feitas

alterações em sua estrutura e nas questões contidas no mesmo. Essas, tornaram o questionário mais fácil de ser compreendido, ao passo que as questões 3 e 4 tiveram seu texto redefinido. Já na etapa 'Análise multicriterial' foram realizadas apenas revisões nas orientações elaboradas, nada que tenha alterado as atividades propostas para essa etapa na versão inicial. As demais etapas não sofreram alterações em comparação com a versão inicial. Por conta das revisões realizadas, as etapas 'Diagnóstico' e 'Análise multicriterial' são apresentadas a seguir em substituição as apresentadas na versão inicial da metodologia proposta, inclusas na seção 5.2.2.

### ❖ ETAPA 1 – DIAGNÓSTICO

Nessa etapa são levantadas as informações sobre os recursos disponíveis e sobre as demandas em termos de resultados, necessárias ao prosseguimento da execução da proposta. Para tanto, é necessário que seja respondido o questionário proposto para essa etapa (Figuras 13 a 16), revisado para a versão final.

Nessa etapa também é possível identificar os fatores que merecem maior atenção na avaliação de impactos a ser realizada. Os fatores serão aqueles que forem assinalados pelo avaliador, na questão 5 do questionário, como tendo relação negativa ou incerta com os impactos observados nos recursos hídricos da bacia. Fica a cargo do usuário a realização dessa identificação, não sendo a mesma obrigatória para o prosseguimento da aplicação da proposta.

Figura 13 – Pagina 1 do Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ – Versão final

**QUESTIONÁRIO DA ETAPA DIAGNÓSTICO**

**IDENTIFICAÇÃO**

Local: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Responsáveis: \_\_\_\_\_ Profissão/Cargo: \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Profissão/Cargo: \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Profissão/Cargo: \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_

1) Quais os recursos financeiros disponíveis para a realização de uma avaliação de impacto dos usos/manejo do solo?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2) Qual é a estimativa de prazo para a realização de uma avaliação de impacto dos usos/manejo do solo?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3) Qual o nível de detalhamento desejado nos resultados da avaliação de impacto dos usos/manejo do solo?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4) Quem serão os profissionais responsáveis pela realização dessa avaliação?

Equipe contratada  Equipe própria

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fonte: Produção do próprio autor

Figura 14 – Pagina 2 do Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ – Versão final

5) Avalie os fatores<sup>1</sup> apresentados nos quadros a seguir, apontando, a partir da sua percepção da bacia hidrográfica, a condição em que cada fator se encontra. Para isso considere:

- Relação positiva/ neutra – Quando a condição de um dado fator influencia diminuindo os impactos nos recursos hídricos ou quando não influencia nem para aumentar nem para diminuir os impactos;
- Relação negativa – Quando a condição de um dado fator influencia para a ocorrência ou intensificação dos impactos nos recursos hídricos;
- Incerta – Avaliação utilizada quando não se tem certeza sobre a condição de um dado fator na bacia hidrográfica

1 - Avalie os fatores de forma independente, sem considerar as influencias existentes entre os fatores.

Figura 15 – Pagina 3 do Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ – Versão final

Fatores	Condições em que os fatores apresentam relação com os impactos nos recursos hídricos (Qualidade e/ou Quantidade de água)		Percepção do Avaliador				
	Relação positiva / Neutra	Relação negativa	Positiva/ neutra	Negativa	Incerta	Não se aplica	
Fatores Ambientais	Aplicação de Agrotóxicos	Quando são aplicados de forma adequada, seguindo as orientações e demandas específicas para cada cultura.	Quando ocorrem aplicações em excesso, sem orientação técnica e quando há o descarte irregular de embalagens ou produtos fora do prazo de validade.	( )	( )	( )	( )
	Aplicação de fertilizantes	Quando são aplicados de forma adequada, respeitando os critérios técnicos para cada cultura, solo e propriedade.	Quando são aplicados em excesso ou sem orientação técnica.	( )	( )	( )	( )
	Atividade de Irrigação	Quando é realizada seguindo as recomendações técnicas para cada cultura, respeitando a disponibilidade dos recursos hídricos locais.	Quando é mal manejada, aplicada em excesso, ou é realizada sem respeitar as recomendações técnicas e a disponibilidade dos recursos hídricos locais.	( )	( )	( )	( )
	Características físico-químicas do solo	Quando não há alterações das características do solo pela ação humana e as concentrações de íons e minerais são baixas.	Quando os solos apresentam grandes concentrações de minerais, íons e características que favoreçam sua erosão.	( )	( )	( )	( )
	Clima	Quando as condições climáticas locais não apresentam picos extremos, como grande enchurradas ou secas prolongadas.	Quando a região apresenta episódios climáticos extremos, como grandes enchurradas, secas prolongadas, precipitações de longa duração ou de curto período, mas grande intensidade.	( )	( )	( )	( )
	Estradas vicinais	Quando as estradas encontram-se conservadas e com estruturas adequadas ao controle de enchurradas.	Quando as estradas não encontram-se conservadas e/ou não apresentam estruturas adequadas ao controle de enchurradas.	( )	( )	( )	( )
	Praticas conservacionistas	Quando são realizadas de forma adequada, respeitando os critérios técnicos para cada cultura e propriedade.	Quando não são realizadas ou realizadas sem conhecimento ou orientação técnica adequada.	( )	( )	( )	( )
	Presença de animais próximo aos recursos hídricos	Quando os animais não têm acesso direto aos cursos d'água ou reservatórios, caso esses sejam utilizados para outros fins.	Quando os animais têm livre acesso as margens dos cursos d'água e reservatórios, caso esses sejam utilizados para outros fins.	( )	( )	( )	( )
	Presença de APP's e cobertura florestal	Quando as APP's, áreas de reserva legal e demais áreas florestadas encontram-se preservadas.	Quando há o desmatamento de áreas que deveriam estar florestadas.	( )	( )	( )	( )
	Qualidade da água para a irrigação	Quando a qualidade da água utilizada na irrigação está dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.	Quando a qualidade da água não atende aos padrões estabelecidos pela legislação.	( )	( )	( )	( )
	Relevo	Quando a região apresenta vertentes com baixos declives e comprimentos.	Quando a região apresenta vertentes com grandes declives e comprimentos, comumente observadas em regiões montanhosas.	( )	( )	( )	( )

Fonte: Produção do próprio autor

Figura 16 – Pagina 4 do Questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ – Versão final

Fatores	Condições em que os fatores apresentam relação com os impactos nos recursos hídricos (Qualidade e/ou Quantidade de água)		Percepção do Avaliador				
	Relação positiva / Neutra	Relação negativa	Positiva/ neutra	Negativa	Incerta	Não se aplica	
Fatores Socioeconômicos	Subdivisão familiar	Quando há um planejamento para a divisão das terras e utilização do solo e dos recursos naturais.	Quando a divisão das terras é realizada sem planejamento, levando a uma maior pressão sobre os recursos hídricos e diminuição de áreas florestadas.	( )	( )	( )	( )
	Credito rural	Quando a liberação de credito rural está atrelada ao emprego de praticas de conservação de solo e água.	Quando a liberação de credito rural não é atrelada ao emprego de praticas de conservação de solo e água por parte do produtor rural.	( )	( )	( )	( )
	Presença de Cooperativas e associações	Quando essas sociedades civis estão presentes na bacia hidrográfica e promovem o compartilhamento de informações sobre boas práticas agrícolas.	Quando essas sociedades civis estão presentes na bacia hidrográfica, mas são negligentes quanto ao tema dos impactos dos usos e manejos do solo nos recursos hídricos.	( )	( )	( )	( )
	Produtividade e produção das culturas	Quando o aumento na produtividade e/ou produção está relacionado com o aumento da eficiência no uso da água e no uso de insumos agrícolas.	Quando o aumento na produção e/ou produtividade está associado à intensificação no uso da água e no uso de insumos agrícolas.	( )	( )	( )	( )
	Qualificação do trabalhador rural	Quando os trabalhadores rurais têm conhecimento sobre como executar as atividades agrícolas de forma adequada.	Quando a falta de qualificação dos trabalhadores rurais propicia a execução de praticas agrícolas inadequadas.	( )	( )	( )	( )
	Renda per capita	Quando a renda per capita não se mostra fator limitante para a utilização de insumos, equipamentos e praticas conservacionistas que causam menores impactos aos recursos hídricos.	Quando a renda per capita se mostra fator limitante para a utilização de insumos, equipamentos e praticas conservacionistas que causam menores impactos aos recursos hídricos.	( )	( )	( )	( )
	Saneamento básico	Quando existem ações adequadas na área de saneamento básico, como: casas com fossas sépticas, coleta de resíduos, manejo da água pluvial, entre outras.	Quando não existem ações adequadas na área de saneamento básico, como: casas com fossas sépticas, coleta de resíduos, manejo da água pluvial, entre outras.	( )	( )	( )	( )

Fatores	Condições em que os fatores apresentam relação com os impactos nos recursos hídricos (Qualidade e/ou Quantidade de água)		Percepção do Avaliador				
	Relação positiva / Neutra	Relação negativa	Positiva/ neutra	Negativa	Incerta	Não se aplica	
Fatores Institucionais	Benfeitorias e serviços públicos	Quando existem benfeitorias estruturais e serviços públicos de qualidade disponíveis à população rural.	Quando não existem benfeitorias estruturais, ou elas se encontram em condições precárias, e os serviços públicos não atendem as demandas da população.	( )	( )	( )	( )
	Educação ambiental	Quando os produtores rurais têm conhecimento sobre a importância da preservação do meio ambiente e como isso afeta as atividades agrícolas.	Quando os produtores rurais não têm conhecimento sobre a importância da preservação do meio ambiente e como isso afeta as atividades agrícolas.	( )	( )	( )	( )
	Estado como agente incentivador	Quando o estado está presente incentivando a utilização de práticas, técnicas e insumos que causem menor impacto nos recursos hídricos.	Quando o estado não está presente como agente incentivador de práticas que causem menor impacto nos recursos hídricos.	( )	( )	( )	( )
	Presença fiscalizadora	Quando o estado está presente realizando ações de fiscalização sobre os usos da água e ocupação do irregular do território.	Quando o estado não está presente realizando ações de fiscalização sobre os usos da água e ocupação do irregular do território.	( )	( )	( )	( )
	Presença técnica	Quando o estado está presente difundindo o conhecimento técnico, auxiliando o produtor rural no emprego de boas práticas agrícolas.	Quando o estado não está presente difundindo o conhecimento técnico que auxilia o produtor rural no emprego de boas práticas agrícolas.	( )	( )	( )	( )

Fonte: Produção do próprio autor

## ❖ ETAPA 2 – ANÁLISE MULTICRITERIAL

Esta etapa tem por finalidade compor a análise multicriterial desenvolvida para analisar as metodologias passíveis de utilização na avaliação de impacto do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos em PMBH rurais. As atividades necessárias à sua conclusão são parte central da proposta metodológica desenvolvida, sendo essas apresentadas a seguir.

A primeira atividade para execução dessa etapa consiste da análise dos resultados obtidos na etapa 'Diagnóstico' de forma a possibilitar ao tomador de decisão ponderar a importância dos critérios de avaliação.

Após executar essa análise, é realizada a definição de prioridades entre os critérios para a tomada de decisão (seleção de método de avaliação de impacto do uso e ocupação do solo para o emprego em PMBH rural), a partir das orientações apresentadas no Quadro 3.

Recomenda-se que os critérios sejam ordenados de forma decrescente de prioridade ou quando necessário, que os mesmos sejam posicionados dentro de uma escala de prioridade.

Caso a tomada de decisão, realizada na presente etapa, seja de responsabilidade de mais de um decisor e não houver consenso para a decisão, recomenda-se a utilização de metodologia que auxilie na busca pelo consenso ou que agregue a opinião dos diversos decisores. Goodwin e Wright (2004) apresentam uma lista de métodos que podem ser utilizados nessa situação.

A ação seguinte é a determinação dos pesos dos critérios, que pode ser realizada tanto pelo método ROC, padrão para a proposta, quanto por um método alternativo, quando julgar-se necessário.

Em geral, a utilização de um método alternativo é recomendada quando se busca por uma configuração diferenciada nos pesos dos critérios, como ocorre quando dois critérios apresentam a mesma prioridade. Nesse caso, a utilização de uma escala na

definição de prioridades entre os critérios pode auxiliar na utilização dos métodos alternativos.

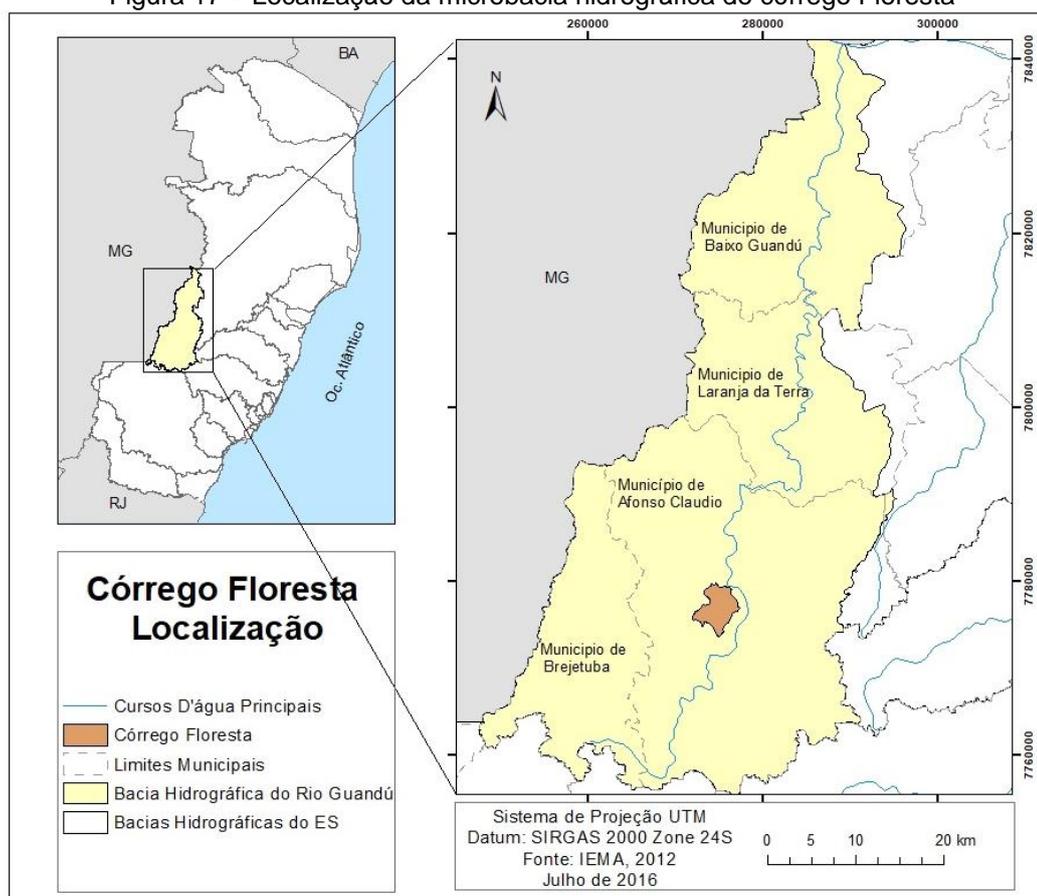
Para a determinação dos pesos dos critérios pelo método ROC, utiliza-se o Quadro 4, inserindo os critérios em ordem decrescente de prioridade, definição realizada anteriormente. Deste modo o critério de maior prioridade será posicionado na classificação 1 e terá o maior peso, enquanto que o critério de menor prioridade será posicionado na classificação 6 e terá o menor peso entre os critérios.

A última atividade correspondente a presente etapa é a finalização dos cálculos da análise multicriterial e a obtenção das pontuações finais das alternativas. Tal atividade é realizada com o auxílio do Quadro 5.

#### 5.2.5.1 Exemplo de aplicação da proposta

A região na qual foi realizada a aplicação da proposta metodológica desenvolvida foi a bacia hidrográfica do córrego Floresta. Localizada no município de Afonso Claudio-ES, possui área de 17,05 Km<sup>2</sup>, uma microbacia, e se insere na bacia hidrográfica do Rio Guandu/ES (Figura 17).

Figura 17 – Localização da microbacia hidrográfica do córrego Floresta



### ❖ PRÉ-APLICAÇÃO

A caracterização da bacia foi apresentada por um dos representantes de comitê de bacia hidrográfica participantes da segunda fase de avaliação da proposta metodológica e são apresentadas a seguir:

“A região é habitada em sua maioria por pequenos produtores rurais com agricultura familiar, sendo uma microbacia bem degradada devido ao desmatamento e a introdução da pastagem.

Não existe representante da região no comitê de bacia, mas os produtores participam de atividades/eventos/projetos e são levados até eles.

Em períodos de estiagem a situação fica severa e como na parte baixa da microbacia tem uma fábrica de aguardente que é o único usuário que tem outorga, a fábrica sofre a falta total de água e geralmente acontece no período de destilação da aguardente,

necessitando assim de buscar água com caminhão pipa para a produção.

Na região alta da microbacia tem áreas preservadas e em uma propriedade foi criada uma Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN.

Em 2013 a região da microbacia sofreu muito com as enchentes, houve um deslizamento de terra que teve 3 vítimas e dizimou criação de carneiro, gado, plantações entre outros, ainda há alguns vestígios do impacto ambiental natural.

Além do trabalho de recuperação ambiental, foi realizada Educação Ambiental com os produtores e a comunidade em geral através de palestras nas escolas e dias de campo sobre Práticas Sustentáveis.

No geral, há um interesse pela adequação ambiental e adoção de práticas sustentáveis, porém, muitas vezes os conflitos pessoais dificultam a disseminação desses trabalhos”(Informação verbal)<sup>1</sup>.

Em um segundo contato foi apontado também, a realização de análises de qualidade da água na microbacia. O exame dos resultados dessas análises indicou que a bacia encontra-se em situação de desconformidade da qualidade da água por conta de apresentar concentrações de coliformes termotolerantes acima do limite estabelecido para a águas doces, tanto para a Classe 2, quanto para a Classe 1 da CONAMA nº357/05, limites esses estabelecidos em referência ao usos da água predominante na bacia, a irrigação de plantios/culturas e a dessedentação de animais, realizados nas atividades agrícolas de base familiar (Informação Verbal)<sup>2</sup>.

Como apontado na versão final da metodologia proposta, a caracterização da área e a identificação do cenário de desconformidade da qualidade da água são atividades contempladas na Pré-aplicação. Considerou-se aqui que tal etapa foi realizada de forma simplificada, sendo confirmada a demanda pela realização da avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na desconformidade da qualidade da água na microbacia hidrográfica do Córrego Floresta. A aplicação da proposta metodológica

---

<sup>1</sup> As informações foram enviadas através de e-mail e estão dispostas sem alteração de seu conteúdo.

<sup>2</sup> Informações apresentadas em entrevista.

vem então, no sentido de auxiliar no processo de seleção de metodologia a ser utilizada nessa avaliação.

Após a realização da Pré-aplicação deu-se sequência à aplicação da proposta desenvolvida, dando o suporte técnico ao representante de comitê na execução das 3 etapas da proposta. A seguir são apresentados o passo a passo da execução das etapas e os resultados obtidos.

#### ❖ **ETAPA 1 – DIAGNÓSTICO**

A primeira etapa de aplicação da proposta metodológica consistiu do preenchimento do questionário. As respostas obtidas são apresentadas nas Figuras 18 a 21.

Figura 18 – Resposta da aplicação do questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ (página 1)

<b><u>QUESTIONÁRIO DA ETAPA DIAGNÓSTICO</u></b>	
<b><u>IDENTIFICAÇÃO</u></b>	
Local: <u>Bacia hidrográfica do Córrego Floresta (Afonso Claudio-ES)</u>	Data: <u>30/10/2017</u>
Responsáveis: <u>Felipe A. Silva</u> _____ Profissão/Cargo: <u>Eng. Ambiental</u> _____ Tel.: <u>(27) 99613-0607</u>	
<u>xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx</u> _____ Profissão/Cargo: <u>Representante do Comitê</u> Tel.: <u>(XX) XXXXX-XXXX</u>	
_____ Profissão/Cargo _____ Tel.: _____	
1) Quais os recursos financeiros disponíveis para a realização de uma avaliação de impacto dos usos/manejo do solo?	
<u>Re: A bacia não possui reserva financeira para a realização do estudo, contudo espera-se a captação de recursos através da realização de convenio ou edital. Ainda assim, a previsão de recursos disponibilizados para a realização do estudo será de pequeno porte.</u>	
2) Qual é a estimativa de prazo para a realização de uma avaliação de impacto dos usos/manejo do solo?	
<u>Re: Hoje a bacia não apresenta urgência para a realização do estudo, não apresentando restrição quanto ao prazo para sua realização.</u>	
3) Qual o nível de detalhamento desejado nos resultados da avaliação de impacto dos usos/manejo do solo?	
<u>Re: A principio projeta-se um nível de detalhamento de resultados simplificado, visto que nenhum estudo do tipo foi realizado na bacia até o momento.</u>	
4) Quem serão os profissionais responsáveis pela realização dessa avaliação? Equipe contratada <input checked="" type="checkbox"/> Equipe própria <input type="checkbox"/>	
<u>Re: Se prevê a contratação de uma empresa de consultoria que atenda as demandas projetadas para o estudo a ser realizado na bacia.</u>	

Figura 19 – Resposta da aplicação do questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ (página 2)

5) Avalie os fatores<sup>1</sup> apresentados nos quadros a seguir, apontando, a partir da sua percepção da bacia hidrográfica, a condição em que cada fator se encontra. Para isso considere:

- Relação positiva/ neutra – Quando a condição de um dado fator influencia diminuindo os impactos nos recursos hídricos ou quando não influencia nem para aumentar nem para diminuir os impactos;
- Relação negativa – Quando a condição de um dado fator influencia para a ocorrência ou intensificação dos impactos nos recursos hídricos;
- Incerta – Avaliação utilizada quando não se tem certeza sobre a condição de um dado fator na bacia hidrográfica

1 - Avalie os fatores de forma independente, sem considerar as influencias existentes entre os fatores.

Figura 20 – Resposta da aplicação do questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ (página 3)

Fatores	Condições em que os fatores apresentam relação com os impactos nos recursos hídricos (Qualidade e/ou Quantidade de água)		Percepção do Avaliador				
	Relação positiva / Neutra	Relação negativa	Positiva/ neutra	Negativa	Incerta	Não se aplica	
Fatores Ambientais	Aplicação de Agrotóxicos	Quando são aplicados de forma adequada, seguindo as orientações e demandas específicas para cada cultura.	Quando ocorrem aplicações em excesso, sem orientação técnica e quando há o descarte irregular de embalagens ou produtos fora do prazo de validade.	( )	( x )	( )	( )
	Aplicação de fertilizantes	Quando são aplicados de forma adequada, respeitando os critérios técnicos para cada cultura, solo e propriedade.	Quando são aplicados em excesso ou sem orientação técnica.	( )	( )	( x )	( )
	Atividade de Irrigação	Quando é realizada seguindo as recomendações técnicas para cada cultura, respeitando a disponibilidade dos recursos hídricos locais.	Quando é mal manejada, aplicada em excesso, ou é realizada sem respeitar as recomendações técnicas e a disponibilidade dos recursos hídricos locais.	( )	( x )	( )	( )
	Características físico-químicas do solo	Quando não há alterações das características do solo pela ação humana e as concentrações de íons e minerais são baixas.	Quando os solos apresentam grandes concentrações de minerais, íons e características que favoreçam sua erosão.	( )	( x )	( )	( )
	Clima	Quando as condições climáticas locais não apresentam picos extremos, como grande enxurradas ou secas prolongadas.	Quando a região apresenta episódios climáticos extremos, como grandes enxurradas, secas prolongadas, precipitações de longa duração ou de curto período, mas grande intensidade.	( )	( x )	( )	( )
	Estradas vicinais	Quando as estradas encontram-se conservadas e com estruturas adequadas ao controle de enxurradas.	Quando as estradas não encontram-se conservadas e/ou não apresentam estruturas adequadas ao controle de enxurradas.	( )	( x )	( )	( )
	Práticas conservacionistas	Quando são realizadas de forma adequada, respeitando os critérios técnicos para cada cultura e propriedade.	Quando não são realizadas ou realizadas sem conhecimento ou orientação técnica adequada.	( )	( x )	( )	( )
	Presença de animais próximo aos recursos hídricos	Quando os animais não têm acesso direto aos cursos d'água ou reservatórios, caso esses sejam utilizados para outros fins.	Quando os animais têm livre acesso as margens dos cursos d'água e reservatórios, caso esses sejam utilizados para outros fins.	( )	( x )	( )	( )
	Presença de APP's e cobertura florestal	Quando as APP's, áreas de reserva legal e demais áreas florestadas encontram-se preservadas.	Quando há o desmatamento de áreas que deveriam estar florestadas.	( x )	( )	( )	( )
	Qualidade da água para a irrigação	Quando a qualidade da água utilizada na irrigação está dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.	Quando a qualidade da água não atende aos padrões estabelecidos pela legislação.	( )	( x )	( )	( )
	Relevo	Quando a região apresenta vertentes com baixos declives e comprimentos.	Quando a região apresenta vertentes com grandes declives e comprimentos, comumente observadas em regiões montanhosas.	( )	( x )	( )	( )

Figura 21 – Resposta da aplicação do questionário da Etapa ‘Diagnóstico’ (página 4)

Fatores	Condições em que os fatores apresentam relação com os impactos nos recursos hídricos (Qualidade e/ou Quantidade de água)		Percepção do Avaliador				
	Relação positiva / Neutra	Relação negativa	Positiva/ neutra	Negativa	Incerta	Não se aplica	
Fatores Socioeconômicos	Subdivisão familiar	Quando há um planejamento para a divisão das terras e utilização do solo e dos recursos naturais.	Quando a divisão das terras é realizada sem planejamento, levando a uma maior pressão sobre os recursos hídricos e diminuição de áreas florestadas.	( )	( )	( x )	( )
	Credito rural	Quando a liberação de credito rural está atrelada ao emprego de praticas de conservação de solo e água.	Quando a liberação de credito rural não é atrelada ao emprego de praticas de conservação de solo e água por parte do produtor rural.	( )	( x )	( )	( )
	Presença de Cooperativas e associações	Quando essas sociedades civis estão presentes na bacia hidrográfica e promovem o compartilhamento de informações sobre boas práticas agrícolas.	Quando essas sociedades civis estão presentes na bacia hidrográfica, mas são negligentes quanto ao tema dos impactos dos usos e manejos do solo nos recursos hídricos.	( )	( x )	( )	( )
	Produtividade e produção das culturas	Quando o aumento na produtividade e/ou produção está relacionado com o aumento da eficiência no uso da água e no uso de insumos agrícolas.	Quando o aumento na produção e/ou produtividade está associado à intensificação no uso da água e no uso de insumos agrícolas.	( )	( x )	( )	( )
	Qualificação do trabalhador rural	Quando os trabalhadores rurais têm conhecimento sobre como executar as atividades agrícolas de forma adequada.	Quando a falta de qualificação dos trabalhadores rurais propicia a execução de praticas agrícolas inadequadas.	( x )	( )	( )	( )
	Renda per capita	Quando a renda per capita não se mostra fator limitante para a utilização de insumos, equipamentos e praticas conservacionistas que causam menores impactos aos recursos hídricos.	Quando a renda per capita se mostra fator limitante para a utilização de insumos, equipamentos e praticas conservacionistas que causam menores impactos aos recursos hídricos.	( )	( x )	( )	( )
	Saneamento básico	Quando existem ações adequadas na área de saneamento básico, como: casas com fossas sépticas, coleta de resíduos, manejo da água pluvial, entre outras.	Quando não existem ações adequadas na área de saneamento básico, como: casas com fossas sépticas, coleta de resíduos, manejo da água pluvial, entre outras.	( )	( x )	( )	( )

Fatores	Condições em que os fatores apresentam relação com os impactos nos recursos hídricos (Qualidade e/ou Quantidade de água)		Percepção do Avaliador				
	Relação positiva / Neutra	Relação negativa	Positiva/ neutra	Negativa	Incerta	Não se aplica	
Fatores Institucionais	Benfeitorias e serviços públicos	Quando existem benfeitorias estruturais e serviços públicos de qualidade disponíveis à população rural.	Quando não existem benfeitorias estruturais, ou elas se encontram em condições precárias, e os serviços públicos não atendem as demandas da população.	( )	( x )	( )	( )
	Educação ambiental	Quando os produtores rurais têm conhecimento sobre a importância da preservação do meio ambiente e como isso afeta as atividades agrícolas.	Quando os produtores rurais não têm conhecimento sobre a importância da preservação do meio ambiente e como isso afeta as atividades agrícolas.	( x )	( )	( )	( )
	Estado como agente incentivador	Quando o estado está presente incentivando a utilização de práticas, técnicas e insumos que causem menor impacto nos recursos hídricos.	Quando o estado não está presente como agente incentivador de práticas que causem menor impacto nos recursos hídricos.	( x )	( )	( )	( )
	Presença fiscalizadora	Quando o estado está presente realizando ações de fiscalização sobre os usos da água e ocupação do irregular do território.	Quando o estado não está presente realizando ações de fiscalização sobre os usos da água e ocupação do irregular do território.	( )	( x )	( )	( )
	Presença técnica	Quando o estado está presente difundindo o conhecimento técnico, auxiliando o produtor rural no emprego de boas práticas agrícolas.	Quando o estado não está presente difundindo o conhecimento técnico que auxilia o produtor rural no emprego de boas práticas agrícolas.	( x )	( )	( )	( )

Analisando as respostas obtidas da questão 5 pôde-se ter um indicativo dos fatores que merecem atenção e podem ser foco do estudo de avaliação de impacto a ser realizado na bacia (Tabela 10). Tais fatores são os que na percepção do representante do comitê apresentam relação negativa ou incerta, com os impactos observados nos recursos hídricos da bacia. Suas condições atuais podem estar contribuindo para a deterioração da qualidade da água e conseqüente ocorrência do cenário de desconformidade da qualidade da água.

Tabela 10 – Fatores que merecem atenção na avaliação de impacto do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do Córrego Floresta

<b>Fatores Ambientais</b>	<b>Fatores Socioeconômicos</b>	<b>Fatores Institucionais</b>
Aplicação de Agrotóxicos	Subdivisão familiar	Benfeitorias e serviços públicos
Aplicação de fertilizantes	Credito rural	Presença fiscalizadora
Atividade de Irrigação	Presença de Cooperativas e associações	
Características físico-químicas do solo	Produtividade e produção das culturas	
Clima	Renda per capita	
Estradas vicinais	Saneamento básico	
Práticas conservacionistas		
Presença de animais próximo aos recursos hídricos		
Qualidade da água para a irrigação		
Relevo		

## ❖ ETAPA 2 – ANÁLISE MULTICRITERIAL

O primeiro passo da execução dessa etapa consistiu da análise dos resultados apresentados na etapa anterior. Dessa análise resultaram os seguintes apontamentos:

- A bacia apresenta baixa disponibilidade de recursos financeiros para a execução dos estudos;
- O prazo para a execução da avaliação de impacto não é fator limitante para a seleção da metodologia a ser empregada;
- Tendo em vista ser um primeiro estudo do tipo para a região, pretende-se que o mesmo seja preliminar e simplificado;
- A equipe técnica responsável pela execução será contratada.

A percepção do representante do comitê sobre a bacia hidrográfica proporcionou a apresentação das seguintes considerações acerca dos fatores relacionados ao uso e ocupação do solo:

➤ Fatores Ambientais

9 fatores apresentam relação Negativa;

1 fator apresenta relação Incerta;

1 fator apresenta relação Positiva.

➤ Fatores Socioeconômicos

5 fatores apresentam relação Negativa;

1 fator apresenta relação Incerta;

1 fator apresenta relação Positiva.

➤ Fatores Institucionais

2 fatores apresentam relação Negativa;

3 fatores apresentam relação Positiva.

Considerando os apontamentos resultantes da análise das informações obtidas na Etapa 'Diagnóstico', foi estabelecida, em conjunto com o representante do comitê, a ordem de prioridade dos critérios, com base nas orientações apresentadas no Quadro 3. Essa ordem é apresentada a seguir, juntamente com a determinação dos pesos dos critérios.

Optou-se para a presente aplicação, a obtenção dos pesos dos critérios pelo método ROC. Portanto, com a ordem de prioridade dos critérios estabelecida, foi possível prosseguir com a determinação dos pesos dos critérios (Quadro 7)

Quadro 7 – Determinação dos pesos dos critérios através do método ROC

<b>Ordem de classificação</b>	<b>Peso conforme método ROC</b>
Custo	0,408
Avaliação Ambiental	0,242
Demanda de Conhecimentos Técnicos	0,158
Tempo	0,103
Avaliação Socioeconômica	0,061
Avaliação Institucional	0,028

Tendo determinado os pesos dos critérios, prosseguiu-se com a última atividade atribuída a presente Etapa, a finalização dos cálculos da análise multicriterial. Os pesos dos critérios obtidos foram inseridos no quadro auxiliar (Quadro 5) para o cálculo das pontuações finais das alternativas (Quadro 8).

Quadro 8 – Cálculo das pontuações finais das alternativas para a microbacia hidrográfica do Córrego Floresta

ALTERNATIVAS	CRITÉRIOS						PONTUAÇÃO FINAL
	Pesos	Custo	Tempo	Demanda de Conhecimentos Técnicos	Avaliação Ambiental	Avaliação Socioeconômica	
		<u>0,408</u>	<u>0,103</u>	<u>0,158</u>	<u>0,242</u>	<u>0,061</u>	<u>0,028</u>
Metodologias Espontâneas		( <u>0,408</u> x 100 ) + ( <u>0,103</u> x 100 ) + ( <u>0,158</u> x 4 ) + ( <u>0,242</u> x 0 ) + ( <u>0,061</u> x 74 ) + ( <u>0,028</u> x 59 ) =		<b>58</b>			
Metodologias de Listagem		( <u>0,408</u> x 91 ) + ( <u>0,103</u> x 94 ) + ( <u>0,158</u> x 0 ) + ( <u>0,242</u> x 14 ) + ( <u>0,061</u> x 37 ) + ( <u>0,028</u> x 29 ) =		<b>53</b>			
Metodologias de Matriz		( <u>0,408</u> x 78 ) + ( <u>0,103</u> x 91 ) + ( <u>0,158</u> x 13 ) + ( <u>0,242</u> x 34 ) + ( <u>0,061</u> x 74 ) + ( <u>0,028</u> x 65 ) =		<b>58</b>			
Método das Redes de Interação		( <u>0,408</u> x 69 ) + ( <u>0,103</u> x 76 ) + ( <u>0,158</u> x 21 ) + ( <u>0,242</u> x 43 ) + ( <u>0,061</u> x 100 ) + ( <u>0,028</u> x 65 ) =		<b>57</b>			
Modelos de Qualidade de Água		( <u>0,408</u> x 31 ) + ( <u>0,103</u> x 29 ) + ( <u>0,158</u> x 83 ) + ( <u>0,242</u> x 77 ) + ( <u>0,061</u> x 0 ) + ( <u>0,028</u> x 0 ) =		<b>48</b>			
Modelos Hidrossedimentológicos		( <u>0,408</u> x 31 ) + ( <u>0,103</u> x 6 ) + ( <u>0,158</u> x 100 ) + ( <u>0,242</u> x 91 ) + ( <u>0,061</u> x 11 ) + ( <u>0,028</u> x 0 ) =		<b>52</b>			
Metodologias por Monitoramento		( <u>0,408</u> x 0 ) + ( <u>0,103</u> x 0 ) + ( <u>0,158</u> x 83 ) + ( <u>0,242</u> x 100 ) + ( <u>0,061</u> x 89 ) + ( <u>0,028</u> x 100 ) =		<b>46</b>			
Métodos Cartográficos		( <u>0,408</u> x 31 ) + ( <u>0,103</u> x 41 ) + ( <u>0,158</u> x 75 ) + ( <u>0,242</u> x 66 ) + ( <u>0,061</u> x 79 ) + ( <u>0,028</u> x 47 ) =		<b>51</b>			

### ❖ ETAPA 3 – RECOMENDAÇÃO

Os resultados finais da aplicação dessa etapa e, conseqüentemente, da proposta metodológica são apresentados no Quadro 9. As alternativas foram classificadas em ordem decrescente em função de suas pontuações finais. Também foram calculadas as pontuações idealizadas, onde a alternativa com maior pontuação final recebeu o valor unitário e as demais alternativas valores fracionados em função de suas pontuações finais.

Quadro 9 – Resultado das pontuações finais das alternativas avaliadas para microbacia hidrográfica do Córrego Floresta

Ordem de Recomendação	Alternativas	Pontuação Final	Pontuação Idealizada
1	Metodologias Espontâneas	58	1,00
1	Metodologias de Matriz	58	1,00
2	Método das Redes de Interação	57	0,99
3	Metodologias de Listagem	53	0,92
4	Modelos Hidrossedimentológicos	52	0,90
5	Métodos Cartográficos	51	0,88
6	Modelos de Qualidade de Água	48	0,82
7	Metodologias por Monitoramento	46	0,79

As metodologias espontâneas e as metodologias de matriz obtiveram a maior pontuação final, 58, e aparecem na primeira posição na ordem de recomendação. Existe pouca diferença, 1 ponto, entre a pontuação dessas duas metodologias para a pontuação do método das redes de interação, segunda na ordem de recomendação. Coube às metodologias por monitoramento a última posição na ordem de recomendação. Com uma pontuação final de 46, essa alternativa apresentou 12 pontos a menos do que a maior pontuação observada.

A determinação de prioridades indicou o critério ‘Custo’ como o de maior importância para a tomada de decisão. É possível observar o reflexo dessa decisão nos resultados obtidos, na medida em que as primeiras alternativas na ordem de recomendação são as que demandam menores recursos para a sua aplicação. De modo geral foi considerado que o resultado obtido é satisfatório e apresenta coerência com as demandas e disponibilidades levantadas na Etapa 1.

## ❖ PÓS-APLICAÇÃO

A tomada de decisão atribuída a esta etapa não foi realizada, visto que a avaliação de impactos, do uso e ocupação do solo na desconformidade da qualidade da água na microbacia do Córrego Floresta não estava planejada para ser executada, quando da realização do presente trabalho. As demandas e disponibilidades hídricas da bacia podem se modificar até o momento da efetiva execução da avaliação, o que certamente levará a uma nova definição de prioridades, pesos dos critérios e a obtenção de um novo resultado. Portanto, a seleção de uma das alternativas pela análise da ordem de recomendação obtida pode não corresponder às realidades para a bacia no momento real da execução dos estudos.

Caso a seleção de método de avaliação do impacto, a ser utilizado na microbacia hidrográfica do Córrego floresta, venha a ser realizado com base na análise do resultado obtido pela presente aplicação, caberá ao tomador de decisão assumir essa responsabilidade. Deverá, para tanto, levar em consideração que as primeiras alternativas na ordem de recomendação obtida se adequam melhor as demandas e disponibilidades levantadas para a bacia. De tal modo é possível analisar que as Metodologias Espontâneas, as Metodologias de Matriz e o Método das Redes de Interação, três primeiras alternativas na ordem de recomendação, estão entre as alternativas que demandam menores recursos financeiros para sua execução, se encaixam na demanda por um estudo preliminar e simplificado, além de poderem avaliar tanto os fatores ambientais como os socioeconômicos e os institucionais.

A realização do presente exemplo de aplicação da proposta teve como um de seus objetivos uma auto avaliação da proposta. Essa avaliação levou ao entendimento de que a versão final não necessitaria de nova revisão antes da ultima fase de avaliação a ser realizada.

### **5.2.6 Avaliação final da proposta metodológica**

Após a realização da segunda fase de avaliação, da elaboração de uma versão final da proposta metodológica, e da produção de um exemplo de aplicação, retornou-se à AGERH-ES para realizar a terceira e última fase de avaliação da proposta metodológica desenvolvida no presente trabalho (Figura 22). Essa fase teve como

objetivo a realização de avaliação final da aplicabilidade da proposta desenvolvida, tendo sido realizado para tanto a apresentação da sua versão final e do exemplo de sua aplicação. Os apontamentos recebidos são apresentados a seguir:

- A apresentação da versão final da proposta, juntamente com o exemplo de aplicação, se mostrou clara e de fácil compreensão, possibilitando o entendimento da proposta como um todo, dos passos de sua construção e dos resultados que se pode alcançar com sua utilização;
- Foi considerado que a proposta apresenta potencial de aplicação na prática, sendo relevante para o tema da gestão de recursos hídricos em PMBH rurais.

Figura 22 – 2º Reunião realizada com técnicos e gestores de recursos hídricos da AGERH–ES



### 5.3 PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES ORIENTADAS A UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA

As diretrizes propostas para a utilização da metodologia desenvolvida no presente trabalho são apresentadas em função de cada uma das etapas para a sua aplicação. Além de se basearem nas experiências obtidas durante o desenvolvimento da proposta, foram incorporadas sugestões e apontamentos recebidos nas fases de avaliação e na realização do exemplo de aplicação da proposta.

Para a aplicação da proposta metodológica desenvolvida no presente trabalho deve-se tomar ciência do material de apoio apresentado no APÊNDICE D e realizar as atividades apresentadas na seção 5.2.5, exemplificadas na seção 5.2.5.1, seguindo as diretrizes apresentadas a seguir.

#### ❖ Pré-aplicação

Nessa etapa o tomador de decisão e sua equipe devem concentrar os seus esforços na caracterização da área em estudo com vistas na identificação ou confirmação do cenário de desconformidade da qualidade da água em função dos seus usos. Para tanto, deve ser realizada a consulta a Resolução CONAMA nº357/05 e demais legislações ambientais que tratam da compatibilidade da qualidade da água com os seus usos.

#### ❖ Etapa – Diagnóstico

Para que essa etapa seja bem desenvolvida, é importante que seja realizada por um profissional ou equipe de profissionais que possuam conhecimento técnico sobre o assunto em questão e que conheçam bem a bacia hidrográfica em estudo. Nos casos em que a proposta metodológica venha a ser aplicada por um comitê de bacia hidrográfica, o mesmo pode designar um representante para a realização da etapa 'Diagnóstico'. Também se mostra importante o acompanhamento por parte de um profissional que conheça a proposta de metodologia desenvolvida a fim de orientar ao técnico participante a forma adequada de preencher o questionário proposto para a Etapa 'Diagnóstico'. Dessa forma será possível identificar com maior clareza as características da bacia, relevantes para o desenvolvimento do trabalho, em especial a identificação realizada na questão 5 do questionário da etapa 'Diagnóstico'.

#### ❖ Etapa – Análise Multicriterial

Nessa etapa é fundamental a participação de um profissional com conhecimento técnico que entenda os passos da aplicação de uma análise multicriterial. Aqui, o ponto chave está em se determinar a ordem de prioridade entre os critérios a partir das informações obtidas na etapa 'Diagnóstico'. É fundamental que se entenda

quando priorizar cada critério a fim de chegar a um resultado que expresse a real importância de cada critério para a tomada de decisão. Ainda assim, se o responsável pela execução dessa etapa sentir dificuldade em determinar as prioridades, pode optar por consultar o gestor ou o tomador de decisão, que demandou a aplicação da metodologia, para validar a ordem de prioridade entre os critérios. Por fim, caso exista a necessidade de determinar os pesos dos critérios com outra configuração de valores, como nos casos onde dois ou mais critérios apresentam a mesma prioridade (mesmo peso), faz-se necessária a utilização de outro método para a determinação dos pesos, visto que pelo método adotado como padrão para a metodologia (método ROC), a configuração de valor dos pesos não se altera.

#### ❖ Etapa – Recomendação

Essa etapa consiste da apresentação da ordem de recomendação das metodologias de avaliação de impacto analisadas. As metodologias que apresentarem as maiores pontuações, as primeiras na ordem de recomendação, são as que mais se adequam às necessidades do estudo em questão.

#### ❖ Pós-aplicação

Na tomada de decisão é importante estar ciente que a metodologia com maior pontuação, primeira na ordem de recomendação, não necessariamente deve ser a escolhida. Dependendo dos objetivos que se deseja alcançar, com a utilização da metodologia que será selecionada, pode-se optar por outra alternativa dentre as demais que apresentarem as maiores pontuações. Também pode-se optar pela seleção de mais de uma metodologia. Sendo assim, cabe ao tomador de decisão, sob a orientação do técnico responsável pela aplicação da metodologia proposta, analisar os resultados obtidos (ordem de recomendação e pontuação das alternativas) e decidir pela(s) alternativa(s) que mais se adequem às suas necessidades.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A seguir são apresentadas as conclusões do presente trabalho, dispostas por objetivo específico, bem como as recomendações para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

### 6.1 CONCLUSÕES

#### 6.1.1 **Objetivo específico 1 – Identificação de fatores relacionados ao uso e ocupação do solo que contribuem para a ocorrência de cenários de desconformidade da qualidade da água em relação aos seus usos**

- A identificação de fatores realizada teve grande importância para o desenvolvimento da metodologia proposta por esse trabalho, sendo esses fatores incorporados no questionário elaborado para etapa 'Diagnóstico', da referida proposta. A agregação dessas informações a proposta também foi importante como forma de auxiliar na identificação dos fatores que podem estar contribuindo para a ocorrência do cenário de desconformidade da qualidade da água nas PMBH rurais onde a mesma for aplicada.
- A identificação dos usos preponderantes da água e dos parâmetros de qualidade da água indicadores de cenários de desconformidade mais observados em PMBH rurais se mostrou relevante para a proposta, especialmente para a etapa 'Pré-aplicação', uma vez que auxiliam na identificação de cenários de desconformidade da qualidade da água em PMBH rurais.

#### 6.1.2 **Objetivo específico 2 – Proposição de metodologia para auxílio na seleção de método de avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na qualidade e quantidade da água**

- Desenvolveu-se proposta metodológica para auxílio na seleção de método de avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na qualidade e quantidade da água. A metodologia proposta teve a análise multicriterial como ferramenta

central e foi dividida em 3 etapas de aplicação, sendo elas: Diagnóstico, Análise Multicriterial e Recomendação.

- A realização das 3 fases de avaliação e da elaboração do exemplo de aplicação da proposta foram essenciais para o seu desenvolvimento e revisão. A proposta foi considerada, por representantes de comitês de bacia hidrográficas e representantes da AGERH-ES como sendo de fácil entendimento e tendo potencial prático de aplicação.

### **6.1.3 Objetivo específico 3 – Proposição de diretrizes orientadas a utilização da metodologia desenvolvida**

- As diretrizes apontadas por este trabalho apresentaram potencial para dar suporte a órgãos gestores, empresas de consultoria, comitês de bacia hidrográfica, pesquisadores, atores locais, entre outros, na seleção de método de avaliação de impacto, do uso e ocupação do solo na desconformidade da qualidade da água em PMBH rurais, e na execução de ações no âmbito da gestão de recursos hídricos voltadas a PMBH rurais.

## **6.2 RECOMENDAÇÕES**

O presente trabalho abordou uma temática abrangente e de vasto conhecimento técnico e acadêmico relacionados à avaliação do impacto do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos. Apesar de apresentar uma metodologia que auxilie na resolução de um problema observado na prática, ainda existem questões dentro dessa mesma abordagem de estudo que podem ser desenvolvidas em trabalhos futuros.

Nesse sentido recomenda-se:

- Que se avalie a importância relativa de cada um dos fatores identificados, relacionados ao uso e ocupação do solo, na ocorrência dos cenários de desconformidade da qualidade da água em PMBH rurais. Nessa mesma linha, recomenda-se que sejam realizados estudos que avaliem os efeitos de sinergia entre diversos fatores e seus impactos nos recursos hídricos;

- Que seja avaliada a inclusão dos fatores, relacionados ao uso e ocupação do solo, indicados pelos representantes de comitês de bacia hidrográfica (Quadro 6), no questionário da etapa 'Diagnóstico', da proposta de metodologia desenvolvida, de forma análoga ao realizado para os demais fatores contidos no questionário;
- Que sejam realizadas novas rodadas de avaliação Ad Hoc das alternativas metodológicas em função de cada um dos critérios contidos na análise multicriterial, considerando a participação de especialistas nacionais e estrangeiros no tema. Dessa forma será possível tornar as notas das alternativas metodológicas estatisticamente mais representativas;
- Que sejam realizadas aplicações da proposta metodológica desenvolvida em situações que apresentem demandas reais, não simuladas, pela seleção de uma metodologia para a avaliação de impacto do uso e ocupação do solo na desconformidade da qualidade da água, a fim de avaliar a sua aplicabilidade em diferentes condições de recursos disponíveis e demandas por resultados.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, B. S. de. et al. Diagnóstico socioeconômico da microbacia hidrográfica riacho da igreja, Cabaceiras/PB. **Educação Agrícola Superior**, Brasília, v.26, n.1, p. 25–29, 2011.
- ADÔRNO, E. V. et al. Avaliação do impacto do uso e ocupação da terra na qualidade da água das nascentes e lagoas da bacia do rio Subaé com subsídio de técnicas de Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 6387–6394.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Caderno de Recursos hídricos: Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil**. Brasília: ANA, 2009. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 17 nov. 2015.
- \_\_\_\_\_. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009**. Brasília: ANA, 2009. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. 17 nov. 2015.
- \_\_\_\_\_. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013**. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 18 jan. 2016.
- \_\_\_\_\_. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 11 dez. 2017.
- \_\_\_\_\_. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012**. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 18 jan. 2016.
- ALVARENGA, L. A. et al. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Ambiente e Água**. Taubaté, v. 7, n.3, p. 228–240, 2012.
- ALVES, F.V. **Seleção de Sítio e Tecnologia para Estação de Tratamento de Esgoto por meio de SIG e Métodos Multicriteriais: Estudo de Caso: Paulínia – SP**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- AMARO, C. A. **Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- AMBRÓSIO, L. A.; PERES, F. C.; SALGADO, J. M. Diagnóstico da contribuição dos produtos do quintal na alimentação das famílias rurais. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.26, n.7, p. 27–39, jul. 1996.

ARAUJO, P. R.; PINESE, J. P. P. Planejamento Ambiental em Microbacias Hidrográficas: aplicação de uma matriz de impacto ambiental na microbacia hidrográfica do Ribeirão Lindóia, Zona Norte de Londrina/PR. In: SEMINÁRIO LATINOAMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 4., 2006, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2006. (CD-ROM).

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 5, n. 6, p. 125–34, 1999.

ATTANASIO, C. M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. 2004. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BALDISSERA, I. T.; ZAMPIERI, S. L.; BAMPI, D. B. Monitoramento da qualidade da água na microbacia Tarumanzinho em Águas Frias, SC, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 5, n. 2, p. 5–14, 2011.

BARACUHY, J. G. de V. et al. Deterioração físico conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho Paus Brancos, Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 159–164, 2003.

BARBOSA, J. E. do C. **Usos do solo e impactos socioambientais nas bacias hidrográficas dos rios Camanducaia e Jaguary**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BATISTA, J. P. G.; SILVA, F. M. da. Avaliação da fragilidade ambiental na microbacia do riacho cajazeiras no semiárido potiguar. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 33, n. 1, p. 53–72. 2013.

BERALDO, R. M. **Qualidade bacteriológica de águas de irrigação de hortas nos municípios de Araraquara, Boa Esperança do Sul e Ibitinga, SP**. 2010. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Araraquara, 2010.

BERTOL, O. J. et al. **Série de cadernos técnicos da agenda parlamentar: Manejo e conservação do solo e da água**. [S.l.]: CREA-PR, 2016.

BERTOSSI, A. P. A. et al. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do Espírito Santo. **Revista Arvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 107–117, 2013.

BILICH, M. R. **Ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, Distrito Federal**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

BOTELHO, R.G.M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. Cap. 8, p. 270–300.

BRAGA, R. A. P. **Avaliação dos instrumentos de políticas públicas na conservação integrada de florestas e águas, com estudo de caso na bacia do Corumbataí – SP**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BRAGAGNOLO, N.; PAN, W. A experiência de programas de manejo e conservação dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. In: MUÑOZ, H. R. (Org.). **Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da lei de águas de 1997**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000. p. 176–198.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CNRH. **Resolução nº 91, de 5 de novembro de 2008**. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CNRH%20n%C2%BA%2091.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Brasília, 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em: 29 set. 2015.

\_\_\_\_\_. **Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=371>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

BRITES, A. P. Z. **Enquadramento dos corpos de água através de metas progressivas: probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade De São Paulo, São Paulo, 2010.

CAIADO, R. et al. Metodologia de revisão sistemática da literatura com aplicação do método de apoio multicritério à decisão SMARTER. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 12., 2016, Rio de Janeiro. **Anais...** Disponível em: <[http://www.inovarse.org/sites/default/files/T16\\_002.pdf](http://www.inovarse.org/sites/default/files/T16_002.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2016.

CAIXETA, L. R.; BELDERRAIN, M. C. N.; SILVA, A. C. S. da. Redução dos impactos ambientais em recursos hídricos utilizando multimetodologia. **Gestão em Engenharia**, São José dos Campos, v. 3, n. 2, p. 38–61, 2016.

CEARÁ (Estado). Secretaria dos Recursos Hídricos. **Avaliação geoambientalde práticas conservacionistas implantadas na microbacia do rio Cangati,**

**Canindé–CE.** Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos–CE, 2010.  
CERQUEIRA, R. Um sistema de monitoramento e inventário da biodiversidade terrestre do Brasil. In: GARAY, I.; DIAS, B. (Orgs.). **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais.** Avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. Petrópolis: Vozes, 2001.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU – CBHRMG.  
**Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu "Relatório Zero".** [S.l.]: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, 1999.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 29 set. 2015.

COSME, C. R. et al. Critérios de avaliação da qualidade de água para a irrigação. In: DIAS, N. da S.; BRÍGIDO, A. R.; SOUZA, A. C. M. (orgs.). **Manejo e conservação dos solos e da água.** 1. ed. São Paulo: livraria da física, 2013.

COSTA, C. F. G. da. et al. Análise do uso da terra integrado com parâmetros de qualidade de água em microbacias do nordeste paraense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=110&PAG=6>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

COSTA, D. R. da. **Avaliação multicriterial na implantação de reservas legais.** 2015. Dissertação (Mestre em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2015. 88 p.

COSTA, M. V.; CHAVES, P. S. V.; OLIVEIRA, F. C. uso das técnicas de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 28., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** São Paulo: INTERCOM, 2005.

COUTINHO, H. L da C. et al. **Qualidade de solo e água como indicadores de recuperação de áreas degradadas submetidas a manejo agroflorestal.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

CREÃO, L. G. C.; FIGUEIREDO, R. DE O.; FELIZZOLA, J. F. Qualidade das águas superficiais e subterrâneas nas microbacias dos igarapés Cumaru e São João, tributárias da Bacia do Rio Maracanã, nordeste paraense. In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 2., 2014, Campinas. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2014. p. 88–92.

CREMONEZ, F. E. et al. Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. **REMOA**, Santa Maria–RS, v. 13, n. 5, p.3821–3830, 2014.

CRESTANA, S.; SILVA, F. das G. B. da.; MINOTI, R. T. Estudos e aplicação de modelos para a avaliação de impactos da agricultura em microbacias hidrográficas. In: **Instrumentação avançada em ciência do solo**. MARTIN NETO, L.; VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S. (Ed.). São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. Cap. 7, p. 291–340.

CUNHA, D. G. F. et al. Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005–2009). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Carlos, v. 18, n. 2, p. 159–168, 2013.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e Perícia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2012.

DIAS, M. do C. O. et al. (Coord.). **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999.

DIAS, N. da S.; BRÍGIDO, A. R.; SOUZA, A. C. M. (org.). **Manejo e conservação dos solos e da água**. 1. ed. São Paulo: livraria da física, 2013.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. de. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 115–125, 2005.

EDWARDS, W; BARRON, F. H. SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, [S.l.], v. 60, p. 306–325, 1994.

EROL, A.; RANDHIR, T. O. Watershed ecosystem modeling of land–use impacts on water quality. **Ecological Modelling**, [S.l.], v. 270, p. 54–63, 2013.

EYMAEL, L. de R. **Pré-análise das condições atuais de degradação das microbacias dos rios Itaim–Guaçu, Braiaia e Pirapitingui, Itu–SP**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

FARIA, D. A. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água da bacia hidrográfica do Ribeirão Guaratinguetá (SP)**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.

FEIDEN, A. et al. Sustentabilidade econômica de propriedades rurais da microbacia Sanga Guabioba – Nova Santa Rosa – PR. **Comunicata Scientiae**, v. 2, n. 1, p. 1–8, 2011.

FERNANDES, E. N. et al. Erosys: sistema de apoio ao processo de avaliação de impactos ambientais de atividades agropecuárias. **Revista Brasileira de Agroinformática**, Londrina, v. 4, n. 1, p. 1–12, 2002.

FERNANDES, M. M. et al. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia glória, Macaé – RJ. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 2, p. 105–116, 2011.

FERNANDES, M. M. **Valoração dos Serviços Ambientais da Floresta de Mata Atlântica associados à Qualidade e Quantidade da Água na APA do Sana**. 2009. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio De Janeiro, Seropédica, 2009.

FIDALSKI, J. Diagnóstico de manejo e conservação do solo e da água na região noroeste do Paraná. **Unimar**, [S.l.], v. 19, n. 3, p. 845–851, 1997.

FINUCCI, M. **Metodologias utilizadas na avaliação do impacto ambiental para liberação comercial do plantio de transgênicos – uma contribuição ao estado da arte no Brasil**. 2010. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

FIORAVANTI, C. D. et al. Diagnóstico da Qualidade de Água para a Irrigação do córrego Três Barras no Município de Marinópolis – Sp. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004. São Pedro–SP. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2004. 1 CD-ROM.

FIORIO, P. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; SPAROVEK, G. Cronologia e impacto ambiental do uso da terra na microbacia hidrográfica do Ceveiro, em Piracicaba, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 671–679, 2000.

FLECK, L.; TAVARES, M. H. F.; EYNG, E. Principais modelos matemáticos de qualidade da água e suas aplicações: uma revisão. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, [S.l.], v. 1, n. 7, p. 47–62, 2013.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

FOLLETTTO, F. A.; THUM, A. B.; GARCIA, A. C. A. Avaliação conjunta do uso e ocupação do solo e qualidade da água na microbacia do Arroio Estrela, como indicadores de qualidade ambiental. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 26., 2014, Gramado. **Anais ...**, 2014.

FRANCO, R.; HERNANDEZ, F. Qualidade de água na microbacia do Coqueiro, noroeste do Estado de São Paulo. *Water Resources and Irrigation ...*, p. 61–69, 2012.

GALHARTE, C. A. **Avaliação de impactos ambientais da integração lavoura–pecuária: estudo de caso da inovação tecnológica da Embrapa**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

GALLINA, K. L. **Enquadramento de corpos de água em pequenas e microbacias hidrográficas rurais de base agrícola familiar: subsídios à elaboração da fase diagnóstica.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

GARDI, C. Land use, agronomic management and water quality in a small Northern Italian watershed. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S.l.], v. 87, n. 1, p. 1–12, 2001.

GARDIMAN JUNIOR, B. S. **Qualidade da água de microbacias hidrográficas sob atividades silviculturais em Aracruz, ES.** 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro De Ciências Agrárias, Universidade Federal Do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

GOBBI, G. A. F.; TORRES, J. L. R.; FABIAN, A. J. Diagnóstico ambiental da microbacia do córrego do Melo em Uberaba (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 26, p. 206 – 223, 2008.

GODOY, J. M.; PRADO, R. B.; SOLURI, D. S. Aplicação de índice de qualidade de água na microbacia do córrego Pito Aceso–RJ: vivência experimental em campo para alunos de graduação da PUC–Rio. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009 Campo Grande. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=110&PAG=6>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

GOES FILHO, A. **Gestão de reservatórios com sistema de apoio à decisão espacial: o caso do açude castanhão.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2012.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S., ALMEIDA, A. T. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GONÇALVES, C. S. et al. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 391–399, 2005.

GONÇALVES, F.; ROCHA, P. C.; FERREIRA, C. C. Uso e ocupação da terra e suas influências em parâmetros químicos e físicos da água da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, Oeste Paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1413.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

GOODWIN, P.; WRIGHT, G. **Decision Analysis for Management Judgment.** 3. ed. West Sussex: John Wiley e Sons, 2004.

GROSSI, C. H. **Diagnóstico e monitoramento ambiental da microbacia hidrográfica do rio Queima–Pé, MT.** 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006

HERNÁNDEZ, C. T.; BASTOS, M. H. R. Mensuração da importância das características empreendedoras mediante a utilização do analytic hierarchy process (ahp). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 47., 2015, Porto de Galinhas. **Anais...** Rio de Janeiro: SOBRAPO, 2015.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Programa para Efetivação do enquadramento das águas da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba.** Belo Horizonte: IGAM, 2010.

ISAIAS, F. B. **A sustentabilidade da água:** proposta de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas. 2008. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

JORGE, L. A. B. Soil Erosion Fragility Assessment Using an Impact Model and Geographic Information System. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 5, p. 658–666, 2009.

KIM, J. G. et al. Effect of mining and geology on the chemistry of stream water and sediment in a small watershed. **Geosciences Journal**, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 175–183, 2007.

LABGEST – LABORATORIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO. **Gestão integrada colaborativa e governança participativa na escalada bacia hidrográfica visando à intensificação sustentável da agricultura familiar.** Parceria DEA/Universidade de Londres (Reino Unido). FAPES/CONFAP/RCUK. 2015.

LEEUWESTEIN, J. M. **Proposição de suporte metodológico para enquadramento de cursos de água.** 2000. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

LIANG, Z. et al. Impact of mixed land–use practices on the microbial water quality in a subtropical coastal watershed. **Science of the Total Environment**, [S.l.], V. 449, p. 423–433, 2013.

LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 781–801, 2013.

LIU, Y. et al. Optimal selection and placement of green infrastructure to reduce impacts of land use change and climate change on hydrology and water quality: An application to the Trail Creek Watershed, Indiana. **Science of the Total Environment**, [S.l.], v. 553, p. 149–163, 2016.

LÖBLER, M. L.; HOPPEN, N. Validação de decisor, um sistema de apoio à decisão multicriterial para mapear processos decisórios. **Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 182–210, 2006.

LOPES, A. J. **Identificação dos aspectos e impactos ambientais dos processos produtivos de uma empresa de construções mecânicas**. 2012. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

LOPES, M. E. P. de A. **Avaliação de racionalidade do uso da água na agricultura**: desenvolvimento de modelos conceituais e de procedimento metodológico em apoio à co/autó-Gestão de microbacia. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

LOPES, Y. G.; ALMEIDA, A. T. de. Enfoque multicritério para a localização de instalações de serviço: aplicação do método SMARTER. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, [S.l.], v.3, n. 2, p.114–128, 2008.

LOURENÇO, L. S. de. **Proposição metodológica para uso conjugado da análise multicriterial e do método delphi na classificação da suscetibilidade do solo à erosão hídrica com uso de dados secundários**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2011.

LUCAS, A. A. T.; FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, S. N. Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 937–943, 2010.

MACEDO, J. R. de; CAPECHE, C. L.; MELO, A. da S. **Recomendações de manejo e conservação de solo e água**. Niterói: Programa Rio Rural, 2009.

MACHADO, R. et al. **Diagnóstico ambiental bacia hidrográfica do córrego bom jardim**: relatório síntese. [S.l.]: FEHIDRO; Elo Ambiental; VM Engenharia, 2013.

MANSOR, M. T. C. **Potencial de poluição de águas superficiais por fontes não pontuais de fósforo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pinhal, Limeira – SP**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, H. R. Aspectos sanitários da água para fins de irrigação. **Comunicado Técnico da Embrapa Hortaliças**, Brasília, n. 5, 1998.

MARTINS, E. L. S. **Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do córrego Grotão, Ceilândia – DF**. 2014. Dissertação (Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural Sustentável) – Programa de Pós Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

MAZOYER, M.; ROUDART. **História das agriculturas no mundo**: do neolítico à crise contemporânea. Tradução de Cláudia Felícia Falluh Balduino Ferreira. São Paulo: UNESP, 2010.

MEDEIROS, G. A. de. et al. Diagnostico da qualidade da Agua na microbacia do córrego Recanto, em Americana, no estado de São Paulo. **Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 181–191, 2009.

MENEGASSO, M. E. **O declínio do emprego e a ascensão da empregabilidade: um protótipo para promover a empregabilidade na empresa pública do setor bancário.** 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

MENEZES, J. et al. Qualidade da água superficial em microbacias do noroeste fluminense. **Caderno de Estudos Geoambientais**, Niterói, v. 3, n. 1, p. 32–43, 2012.

MENEZES, J. P. C. de. et al. Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma microbacia urbana. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S.l.], v. 15, n. 4, p. 659–672, 2014.

MINOTI, R. T. **Abordagens qualitativa e quantitativa de micro-bacias hidrográficas e áreas alagáveis de um compartimento do Médio Mogi-Superior / SP.** 2006. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MORAES, C. D´AQUINO, D.; C. de A. Avaliação de impacto ambiental: uma revisão da literatura sobre as principais metodologias. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SUL CATARINENSE, 5., 2016, Araranguá. **Anais...** Araranguá: IFCS, 2016. p. 838–846.

MUNIZ, D. H. de F. et al. Caracterização da qualidade da água superficial de três corpos hídricos rurais do distrito federal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves/RS. **Anais...** Porto alegre: ABES, 2013.

NASCIMENTO, F. R. do. Categorização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais. **Revista da ANPEGE**, Dourados-MS, v. 7, n. 1, p. 81–97, 2011. Número especial.

NEVES NETO, C. de C. **O Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas em São Paulo: o caso do município de Assis/SP.** 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2009.

NEVES, F. F. (2005). **Análise prospectiva das áreas de risco à erosão na microbacia hidrográfica do Rio Bonito (Descalvado – SP), potencialmente poluidoras por dejetos de granjas.** Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

NUNES, K. da S. **Seleção de contas médicas para auditoria: uma abordagem multicritério com foco em operadoras de planos de saúde**. 2015. Dissertação (Mestrado em sistemas de gestão) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

OTANI, M. N.; ANGELO, J. A.; SERRA, R. Desenvolvimento de um modelo de diagnóstico socioeconômico de microbacias hidrográficas. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.24, n.2, p.45–64, 1994.

PADILHA, J. A. et al. O uso da água nas micro-bacias hidrográficas do semi-árido do nordeste brasileiro e o conceito base zero. In: ORTEGA, E.; ULGIATI, S. (Ed.). **Proceedings of IV Biennial International Workshop “Advances in Energy Studies”**. Campinas: Unicamp, 2004. p. 65–72.

PAIVA, F. M. de. **Estudo comparativo entre três modelos de base física na modelagem hidrossedimentológica em microbacias na região semi-árida paraibana**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral; Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Documento do programa de gestão de solo e água em microbacias**, [S.I.]: Governo do Estado do Paraná, 2014.

PARREIRA, T. P.; SANTOS, G. O.; SANTOS, A. R. F. Qualidade e disponibilidade da água para irrigação no córrego do Sapo, Rio Verde, Goiás. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 64, p. 34–46, 2017.

PASTRO, M. S. **Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas vegetais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2015.

PAULA, M. R. de. et al. Uso e ocupação da terra e suas influências em parâmetros físicos e químicos das águas dos afluentes da UHE Caçu – GO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais ...** São José dos Campos: INPE, 2013. P. 8223–8229. 1 DVD.

PEREIRA, J. C. D. **Aplicação do modelo hidrossedimentológico AVSWAT na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha–MG**. 2010. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.

PEREIRA, R. A.; BARBOSA, M. de F. N. Diagnóstico socioeconômico e ambiental de uma microbacia hidrográfica no semi-árido paraibano. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 137–153, 2009.

PERIN, L. T. **Uso do Modelo QUAL–UFMG no estudo da qualidade da água e da capacidade de Autodepuração do Rio Km119 – Campo Mourão – PR.** 2013. Trabalho de Conclusão De Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

PICOLO, C. E. B. **Avaliação do risco a perda da capacidade superficial através de análise espacial:** estudo de caso na bacia do Jundiá–Mirim. 2005. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

PINTO, D. B. F. et al. Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande – MG, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1145–1152, 2009.

POMPERMAYER, R. S. **Aplicação da análise multicritério em gestão de recursos hídricos:** simulação para as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

PRADO, R. B. et al. Avaliação da qualidade da água em relação ao uso e cobertura da terra em microbacias fluminenses. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio–Norte, 2010. 1 CD–ROM. p. 1–4.

PRADO, R. B. et al. Avaliação preliminar da qualidade da água em função do manejo agropecuário e cobertura vegetal na Microbacia Batatal – Cachoeiras de Macacu, RJ. In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 2., 2014, Campinas. **Anais...** Brasília: Embrapa, p. 152–159, 2014.

PRADO, R. B. Pesquisas e iniciativas relacionadas à avaliação e manutenção dos serviços ambientais: estado da arte no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 19., 2012, Lages. **Anais...** Lages: SBCS; UDESC; Epagri; Instituto Federal Santa Catarina, 2012.

PRADO, R. B.; NOVO, E. M. L. de M. Análise espaço–temporal da relação do estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP) com o potencial poluidor da bacia hidrográfica. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 5–18, 2007.

PRADO, R. B.; TURETTA, A. P.; ANDRADE, A. G. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010.

QUADRO, G. **Priorização de projetos de software pela utilização do método analytic hierarchy process com ratings:** um estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Qualidade de Software) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2012.

QUEIROZ, M. M. F. de. et al. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 4, p. 200–210, 2010.

RAMIREDDYGARI, S. R. et al. Development and application of a comprehensive simulation model to evaluate impacts of watershed structures and irrigation water use on streamflow and groundwater: the case of Wet Walnut Creek Watershed, Kansas, USA. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 236, p. 223–246, 2000.

RAMOS, C. M. C.; BASSOI, L. H.; ZIRNBACK, C. R. L. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo no perímetro irrigado pontal sul, em Petrolina, PE. In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 2., 2014, Campinas. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2014. p. 179–182.

RAMOS, S. Y.; MARTHA JUNIOR, G. B. **Evolução da política de crédito rural brasileira**. 1. ed. Planaltina: Embrapa Cerados, 2010.

RAMOS, T.G. et al. Influência e impactos ambientais do uso e ocupação do solo na qualidade da água do rio Uberaba. In: SEMINÁRIO INICIAÇÃO CIENTÍFICA – IFTM, 2., 2009, Uberaba. **Anais...** Uberaba: IFTM, 2009.

RANZINI, M.; LIMA, W. de. P. Comportamento hidrológico, balanço de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com Eucalyptus, no Vale do Paraíba, SP. **Scientia Forestalis**, [S.l.], n. 61, p. 144–159, 2002.

REBOUÇAS, A. C. **Gestão integrada de recursos hídricos**. Notas de aula, Curso Especialização em Gestão dos Recursos Hídricos, 2001. 16 p.

REIS, J. T. **Influência do uso e ocupação da terra no ecossistema aquático da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, em Santa Maria – RS**. 2006 Dissertação (Mestrado em Geomática) – Programa de Pós-Graduação em Geomática, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

REIS, J. T.; PEREIRA FILHO, W. Influência do uso e ocupação da terra no ecossistema aquático da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, em Santa Maria, RS. **Ciência e Natureza**, Santa Maria, RS, V. 28, n. 1, p. 75–90, 2006.

RHODES, A. L.; NEWTON, R. M.; PUFALL, A. Influences of land use on water quality of a diverse New England watershed. **Environmental Science and Technology**, [S.l.], v. 35, n. 18, p. 3640–3645, 2001.

RODRIGUES, G. S. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisas**: fundamentos, princípios e introdução à metodologia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998.

ROSSONI, C.; MEIRELES, M. Decisão multicritério: uma análise dos resultados obtidos pelos métodos t-oda e ahp. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 14., 2011, São Paulo. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <[http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2011/artigos/E2011\\_T00293\\_PCN23709.pdf](http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2011/artigos/E2011_T00293_PCN23709.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2016.

SAATY, T. L. Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], v. 168, n. 2, p. 557–570, 2006.

SAGARA, F. T. **Estudo hidrológico de uma pequena bacia hidrográfica experimental no município de General Carneiro–PR, através de monitoramento e modelagem**. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós–Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

SANTOS JUNIOR, E. dos. (Org.). **Bacia hidrográfica: desafios da gestão de recursos hídricos e do saneamento básico no município de Cuiabá MT**. Cuiabá: [s.n.], 2011.

SANTOS, A. da S. **Diagnóstico socioambiental e identificação dos impactos ambientais ao longo do Rio Araçagi–PB**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós–Graduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 60–68, 2013.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, V. J. C. **Modelo de processo participativo de enquadramento aplicado a bacias hidrográficas urbanas: bacia do Tucunduba – PA**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa De Pós–Graduação Em Engenharia Civil, Universidade Federal Do Pará, Belém, 2010.

SCHNEIDER, F.; COSTA, M. B. B. da. Diagnóstico socioeconômico , produtivo e ambiental dos agroecossistemas na microbacia hidrográfica do rio Pirapora – município de Piedade / SP. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v. 8, n. 1, p. 217–231, 2013.

SCHRAMM, F.; MORAIS, D. C. Aplicação do método multicritério smarter na seleção de fornecedores: um estudo de caso na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_sto\\_074\\_525\\_10788.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_074_525_10788.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2016.

SCHULTZ, G. B.; SOUZA, R. M.; SANTOS, I. Modelagem hidrológica distribuída e de base física: uma abordagem geossistêmica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8., 2010, Recife. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <[http://www.lhg.ufpr.br/arquivos/artigos\\_congresso/Schultz\\_\(2010\)\\_Modelagem\\_Hidrologica\\_Distribu%3ADda.pdf](http://www.lhg.ufpr.br/arquivos/artigos_congresso/Schultz_(2010)_Modelagem_Hidrologica_Distribu%3ADda.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2016.

SETTI, A. A. et al. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2. ed. Brasília: ANEL/ANA, 2001.

SILVA SOBRINHO, M. S. da. et al. Seleção de alternativas de tratamento de águas residuárias por auxílio multicritério à decisão. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...** Disponível em:

<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011\\_TN\\_STO\\_140\\_886\\_18813.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_140_886_18813.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2016.

SILVA, D. D. C.; MATTOS, A. Diagnóstico socioeconômico e ambiental em microbacia hidrográfica localizada em um núcleo de desertificação. **Caminhos De Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 45, p. 45–53, 2013.

SILVA, E. F. L. P. et al. Avaliação da qualidade da água em microbacias hidrográficas de uma Unidade de Conservação do Nordeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 371–381, 2011.

SILVA, I. M. et al. Recuperação, manejo e conservação de microbacias hidrográficas em Igarapé–açu (PA): considerações sobre uso de sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Brasília: SOBER, 2008.

SILVA, L. C. do N. et al. Uso do solo no manejo de bacias hidrográficas: o caso da microbacia córrego Prata, Três Lagoas – MS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 2, n. 1, p. 1–13, 2009.

SILVA, L. C. E. **Modelagem multicritério para avaliação de desempenho de projetos de TI/SI**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós–Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SILVA, L. G. T. et al. **Gestão de recursos hídricos: a contribuição do Projeto Gestabacias**. Brasília: Embrapa, 2012.

SILVEIRA, T. A. F. **Correlações entre transporte de sedimentos e parâmetros de qualidade da água**. 2011. Dissertação (Mestre em Ciências do Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Programa de Pós–Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2011.

SOUSA, R. S. de. et al. Água e saúde no município de Igarapé–Açu, Pará. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 1095–1107, 2016.

SOUTO, A. R.; CRESTANA, S. Gestão e controle ambiental: identificação das áreas potenciais de produção de sedimentos com o modelo AGNPS e técnicas de SIG em uma microbacia hidrográfica. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 429–435, 2000.

SOUZA, V. de. **Avaliação da contaminação de águas por resíduos de pesticidas em área de cultura de algodão: região de Primavera do Leste – MT**. Tese

(Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2006.

SPADOTTO, C. A. et al. **Interfaces de modelos ambientais e sistemas de informação geográfica para a gestão territorial da contaminação de recursos hídricos**. Campinas: Embrapa, 2012.

STAMM, H. R. **Método para avaliação de impacto ambiental (AIA) em projetos de grande porte**: estudo de caso de uma usina termelétrica. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

STOLLE, L. **Simulação e espacialização da fragilidade ambiental em relação às atividades florestais**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

TAMIOSSO, M. F. **Avaliação do método Silveira com uso de dois modelos chuva-vazão para estimativa de disponibilidade hídrica em pequenas bacias com pequena amostragem de vazão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2012.

TEODORO, V. L. L. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, Araraquara, v. 11, n. 1, p. 137–156, 2007.

TERCINI, J. R. B. **Modelagem da qualidade da água integrando rio e reservatório**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

TOLEDO, L. G. de.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 181–186, 2002.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TORRES, J. L. R. et al. Diagnostico socioeconômico, ambiental e avaliação das características morfométricas da microbacia do córrego Alegria em Uberaba – MG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 89–102, 2007.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1998.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55–64, 2010.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B.T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.1, p. 55–64, 2010.

VIEIRA, B. M. **Avaliação da qualidade das águas e de sua compatibilidade com os usos em microbacias hidrográficas rurais com déficit hídrico quantitativo**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

VIEIRA, D. M. da. et al. Morfometria e qualidade da água da microbacia do córrego do Sapecado, afluente do rio Uberaba. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 05, n. 03, p. 11–22, 2012.

VILAS BOAS, C. de L. **Modelo multicritérios de apoio à decisão aplicado ao uso múltiplo de reservatórios**: estudo da barragem do Ribeirão João Leite. 2006. Dissertação (Mestrado em Economia) – Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Editora do Departamento de Engenharia Sanitária/UFMG, 2007.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora do Departamento de Engenharia Sanitária/UFMG, 1996.

XAVIER, C. D. F. **Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba – Paraná**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ZANINI, H. L. H. T. et al. Caracterização da água da microbacia do córrego rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 732–741, 2010.

ZONTA, J. H. et al. **Práticas de Conservação de Solo e Água**. Campina Grande: Embrapa, 2012.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – Quadro das referências avaliadas no âmbito do objetivo específico 1

(Continua)

AUTORES E DATA DE PUBLICAÇÃO	TIPO	BACIAS DE ESTUDO	LOCALIZAÇÃO	ESTADO	REGIÃO
Abreu e outros (2011)	Artigo	Microbacia do riacho da Igreja	Cabaceiras – PB	PB	Nordeste
Alvarenga e outros (2012)	Artigo	Microbacia do ribeirão dos Macacos	Guaratinguetá e Lorena – SP	SP	Sudeste
Ambrósio, Peres e Salgado (1996)	Artigo	Microbacia d'água F	Vera Cruz – SP	SP	Sudeste
Arcova e Cicco (1999)	Artigo	Microbacias hidrográficas da região do Cunha – SP	Cunha – SP	SP	Sudeste
Attanasio (2004)	Tese	Microbacia do Ribeirão São João	Mineiros do Tietê – SP	SP	Sudeste
Baldissera, Zampieri e Bampi (2011)	Artigo	Microbacia Tarumanzinho	Águas Frias – SC	SC	Sul
Baracuhy e outros (2003)	Artigo	Microbacia Hidrográfica do Richa Paus Brancos	Campina Grande – PB	PB	Nordeste
Batista e Silva (2013)	Artigo	Microbacia do riacho Cajazeiras	Semiárido Potiguar – PB	RN	Nordeste
Bertossi e outros (2013)	Artigo	Bacia hidrográfica do Córrego Horizonte	Alegre – ES	ES	Sudeste
Bilich (2007)	Dissertação	Microbacia do ribeirão Mestre d'Armas	Distrito Federal	DF	Centro Oeste
Botelho (1999)	Capítulo de Livro	Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica	N/A <sup>1</sup>	N/A <sup>1</sup>	N/A <sup>1</sup>
Bragagnolo e pan (2000)	Livro	Microbacias hidrográficas do estado do Paraná	Paraná	PR	Sul
CBHRMG (1999)	Relatório Técnico	Sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu	São Paulo e Minas Gerais	SP	Sudeste
Ceará (2010)	Relatório Técnico	Microbacia do rio Cangati	Canindé – CE	CE	Nordeste
Costa e outros (2011)	Artigo	Microbacias da mesorregião do nordeste do Estado do Pará	Nordeste Paraense	PA	Norte
Coutinho e outros (2006)	Artigo	Bacia do rio Paraíba do Sul	Bom Jardim – RJ.	RJ	Sudeste
Creão, Figueiredo e Felizzola (2014)	Artigo	Microbacias dos Igarapés e São João	Nordeste Paraense	PA	Norte

1 – Não se aplica.

(Continuação)

AUTORES E DATA DE PUBLICAÇÃO	TIPO	BACIAS DE ESTUDO	LOCALIZAÇÃO	ESTADO	REGIÃO
Donadio, Galbiatti e Paula (2005)	Artigo	Bacia hidrográfica do córrego Rico	Taquaritinga e de Guariba – SP	SP	Sudeste
Erol e Randhir (2013)	Artigo	Região do lago Egirdir	Turquia	Internacional	N/A <sup>1</sup>
Eymael (2005)	Dissertação	Microbacias dos Rios Itaim–Guaçu, Braiaia e Pirapitingui	Itu – SP	SP	Sudeste
Faria (2012)	Dissertação	Bacia hidrográfica do Ribeirão Guaratinguetá	Guaratinguetá – SP	SP	Sudeste
Feiden e outros (2011)	Artigo	Microbacia Sanga Guabiroba	Nova Santa Rosa – PR	PR	Sul
Fernandes (2009)	Tese	Microbacias Palmital e Glória	Macaé – RJ	RJ	Sudeste
Fernandes e outros (2011)	Artigo	Microbacia Glória	Macaé – RJ	RJ	Sudeste
Fidalski (1997)	Artigo	Microbacias do rio Inhacanga e Ribeirão Cigarras	Altônia e Alto Paraná – PR	SP	Sudeste
Fioravanti e outros (2004)	Artigo	Microbacia do córrego Três Barras	Marinópolis – SP	SP	Sudeste
Fiorio, Demattê e Sparovek (2000)	Artigo	Microbacia Hidrográfica do Ceveiro	Piracicaba – SP	SP	Sudeste
Folletto, Thum e Garcia (2014)	Artigo	Microbacia do arroio Estrela	Estrela – RS	RS	Sul
Franco e Hernandez (2012)	Artigo	Microbacia do Coqueiro	São Paulo	SP	Sudeste
Gardi (2001)	Artigo	Bacia do Centonara	Bolonha – Itália	Internacional	N/A <sup>1</sup>
Gardiman Junior (2012)	Dissertação	Microbacias hidrográficas do município de Aracruz	Aracruz – ES	ES	Sudeste
Gobbi, Torres e Fabian (2008)	Artigo	Microbacia do córrego do Melo	Uberaba – MG	MG	Sudeste
Gonçalves e outros (2005)	Artigo	Microbacia hidrográfica do Arroio Lino	Agudo – RS	RS	Sul
Grossi (2006)	Tese	Microbacia do Rio Queima–Pé	Tangará da Serra – MT	MT	Centro Oeste
Jorge (2009)	Artigo	Microbacia situada na Bacia Rio Capivara	Botucatu – SP	SP	Sudeste

1 – Não se aplica.

(Continuação)

AUTORES E DATA DE PUBLICAÇÃO	TIPO	BACIAS DE ESTUDO	LOCALIZAÇÃO	ESTADO	REGIÃO
Kim e outros (2007)	Artigo	Pequena Bacia rural da região sul da Coreia do sul	Coreia do Sul	Internacional	N/A <sup>1</sup>
Liu e outros (2016)	Artigo	Bacia hidrografia do Córrego Trail	Indiana – EUA	Internacional	N/A <sup>1</sup>
Lucas, Folegatti e Duarte (2010)	Artigo	Microbacia do ribeirão dos Marins	Piracicaba – SP	SP	Sudeste
Machado e outros (2013)	Relatório Técnico	Bacia do córrego Bom Jardim	Valinhos e Vinhedo – SP	SP	Sudeste
Medeiros e outros (2009)	Artigo	Microbacia do córrego Recanto	Americana – SP	SP	Sudeste
Menezes e outros (2014)	Artigo	Bacia do ribeirão Vermelho	Lavras – MG	MG	Sudeste
Minoti (2006)	Tese	Microbacias da bacia do Médio Mogi–Superior	São Paulo	SP	Sudeste
Muniz e outros (2013)	Artigo	Bacias do Alto Rio Jardim, do córrego Sarandi e do córrego Capão Comprido	Distrito Federal	DF	Centro Oeste
Neves (2005)	Dissertação	Microbacia hidrográfica do Rio Bonito	Descalvado – SP	SP	Sudeste
Neves Neto (2009)	Dissertação	Microbacia das Antas/Pinheiro	Assis – SP	SP	Sudeste
Otani, Angelo e Serra (1994)	Artigo	Microbacia do Córrego F	Vera Cruz – SP	SP	Sudeste
Padilha e outros (2004)	Artigo	Microbacia do Carapuça	Afogados da Ingazeira – PE	PE	Nordeste
Paraná (2014)	Relatório Técnico	Microbacias do estado do Paraná	Paraná	PR	Sul
Parreira, Santos e Santos (2017)	Artigo	Microbacia do córrego do Sapo	Rio Verde – GO	GO	Centro Oeste
Pastro (2015)	Dissertação	Microbacias pertencentes à bacia do Rio Itapemirim	Alegre – ES	ES	Sudeste
Pereira e Barbosa (2009)	Artigo	Microbacia Cabelo	São João do Rio do Peixe – PB	PB	Nordeste
Pinto e outros (2009)	Artigo	Microbacia do Ribeirão Lavrinha	Bocaina de Minas – MG	MG	Sudeste
Prado e outros (2010)	Artigo	Microbacias Santa Maria, Caixa d'água e Brejo da Cobiça	Noroeste do estado do Rio de Janeiro	RJ	Sudeste

1 – Não se aplica.

(Continuação)

AUTORES E DATA DE PUBLICAÇÃO	TIPO	BACIAS DE ESTUDO	LOCALIZAÇÃO	ESTADO	REGIÃO
Prado e outros (2014)	Artigo	Microbacia Batatal	Cachoeiras de Macacu – RJ	RJ	Sudeste
Queiroz e outros (2010)	Artigo	Microbacia hidrográfica da Sanga Mandarin	Cascavel – PR	PR	Sul
Ramireddygari e outros (2000)	Artigo	Bacia hidrográfica do córrego Wet Walnut	Kansas – USA	Internacional	N/A <sup>1</sup>
Ranzinni e Lima (2002)	Artigo	Microbacias da região do Vale do Paraíba	Santa Branca – SP	SP	Sudeste
Reis e Pereira Filho (2006)	Artigo	Sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena	Santa Maria – RS	RS	Sul
Rhodes, Newton e Pufall (2001)	Artigo	Microbacias pertencentes a bacia hidrográfica do rio Moinho	Massachusetts – EUA	Internacional	N/A <sup>1</sup>
Sagara (2001)	Dissertação	Microbacia do Pínus	General Carneiro – PR	PR	Sul
Santos e Hernandez (2013)	Artigo	Microbacia do córrego do Ipê	Ilha Solteira – SP	SP	Sudeste
Schneider e Costa (2013)	Artigo	Microbacia do rio Pirapora	Piedade – SP	SP	Sudeste
Silva e Mattos (2013)	Artigo	Microbacia do Riacho Poço de Serra	Currais Novos– RN	RN	Nordeste
Silva e outros (2008)	Artigo	Microbacia do Igarapé–Açu	Igarapé–Açu – PA	PA	Norte
Silva e outros (2009)	Artigo	Microbacia córrego prata	Três Lagoas – MS	MS	Centro Oeste
Silva e outros (2011)	Artigo	Microbacias dos córregos Boa–Sorte, do Beija–Flor e do Cafundó	Luiz Antônio – SP	SP	Sudeste
Silveira (2011)	Dissertação	Microbacia do ribeirão Canchim	São Carlos – SP	SP	Sudeste
Sousa e outros (2016)	Artigo	Microbacia do Igarapé Cumarú	Igarapé–Açu – PA	PA	Norte
Souza (2006)	Tese	Microbacias região de Primavera do Leste	Região de Primavera do Leste – MT	MT	Centro Oeste
Toledo e Nicolella (2002)	Artigo	Microbacia do Ribeirão Jardim.	Guaíra – SP	SP	Sudeste
Torres e outros (2007)	Artigo	Microbacia do córrego alegria	Uberaba – MG	MG	Sudeste

1 – Não se aplica.

(Conclusão)

AUTORES E DATA DE PUBLICAÇÃO	TIPO	BACIAS DE ESTUDO	LOCALIZAÇÃO	ESTADO	REGIÃO
Vanzela, Hernandez e Franco (2010)	Artigo	Sub-bacia do córrego Três Barras	Marinópolis – SP	SP	Sudeste
Vieira (2015)	Dissertação	Microbacia do córrego sossego	Itarana – ES	ES	Sudeste
Vieira e outros (2012)	Artigo	Microbacia do córrego do sapecado	Uberaba – MG	MG	Sudeste
Xavier (2005)	Dissertação	Sub-bacia do Rio Passauna e Sub-bacia do Rio Iraí	Curitiba – PR	PR	Sul
Zanini e outros (2010)	Artigo	Microbacia do córrego Rico	Jaboticabal – SP	SP	Sudeste

## APÊNDICE B – Carta convite para participação da pesquisa

Vitória, 19 de Junho de 2017.

Prezado Especialista,

No âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA), da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, eu, mestrando, Felipe Andrade Silva, e Prof. Edmilson Teixeira, meu orientador, estamos desenvolvendo a pesquisa intitulada “Proposição de metodologia em suporte à avaliação do impacto do uso e ocupação do solo na desconformidade da qualidade da água em pequenas e microbacias hidrográficas rurais”.

Entre os aspectos metodológicos do desenvolvimento do trabalho têm-se: emprego de análise multicriterial; e participação voluntária de especialistas para ponderar métodos de avaliação de impacto do uso e ocupação do solo na desconformidade da qualidade da água, passíveis de aplicação em pequenas e microbacias hidrográficas<sup>3</sup> rurais de base agrícola familiar<sup>4</sup>.

É nesse contexto que gostaríamos de contar com seu apoio no desenvolvimento da pesquisa, respondendo a um formulário online contendo perguntas específicas sobre o tema da pesquisa. Informamos que, com a mesma finalidade, estamos contatando profissionais/especialistas de várias regiões do país.

Nos comprometemos, ao término da pesquisa, enviar relatório acerca dos resultados obtidos.

Por favor, confirmar o recebimento desta mensagem, nos informando sobre a possibilidade da participação em apoio à supracitada pesquisa. Essa informação se faz de grande relevância tendo em vista que temos uma meta em termos de formulários a serem respondidos.

Sendo o que se tinha para o momento, o(a) agradecemos pela atenção.

Atenciosamente,

Felipe A. Silva  
PPGEA–UFES

---

<sup>3</sup> São consideradas por diversos autores como bacias hidrográficas de até 100 km<sup>2</sup> e 50 km<sup>2</sup>, respectivamente.

<sup>4</sup> Conforme Lei nº 11.326 de julho de 2006 é considerado agricultor familiar aquele que possuir propriedade de até 4 módulos fiscais; que utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas da propriedade; e que tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas da sua propriedade.

## APÊNDICE C – Ad Hoc: avaliação das metodologias de avaliação de impacto dos usos e ocupação do solo em função dos critérios elencados

### APRESENTAÇÃO

O presente questionário faz parte da dissertação de mestrado do aluno Felipe Andrade Silva, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA) da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, sob a orientação do Professor Dr. Edmilson Costa Teixeira, que propõe uma metodologia para auxiliar no processo de avaliação do impacto dos usos e formas de ocupação do solo na desconformidade da qualidade da água em pequenas e microbacias hidrográficas<sup>1</sup> rurais de base agrícola familiar<sup>2</sup>. Por meio da análise multicriterial de metodologias de avaliação de impacto, o estudo busca facilitar a tomada de decisão sobre as opções de metodologia que mais se adequam as necessidades e condições dessa escala de gestão.

[1] São consideradas por diversos autores como bacias hidrográficas de até 100 km<sup>2</sup> e 50 km<sup>2</sup>, respectivamente.

[2] Conforme Lei nº 11.326 de julho de 2006 é considerado agricultor familiar aquele que possuir propriedade de até 4 módulos fiscais; que utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas da propriedade; e que tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas da sua propriedade.

### Identificação

Nome

Instituição

Para os fins de divulgação dessa pesquisa sua identidade será mantida em sigilo.

### QUESTÃO

Avalie as metodologias e métodos identificados pela pesquisa, de forma comparativa, sobre a ótica dos critérios de avaliação elencados. Tenha em mente que esses métodos estão sendo avaliados para o emprego em estudos de avaliação de impacto em pequenas e microbacias hidrográficas rurais de base agrícola familiar.

### INSTRUÇÕES

Avalie comparativamente as metodologias apresentadas com base em uma escala de 0 a 10 seguindo as instruções apresentadas a seguir.

Passo 1) Marque **zero (0)** para a(as) Metodologia(as) que julgar ter a **menor avaliação** dentro do critério examinado.

Passo 2) Marque **dez (10)** para a(as) Metodologia(as) que julgar ter a **maior avaliação** dentro do critério examinado.

Passo 3) Avalie as demais Metodologias, comparativamente, atribuindo julgamento entre **1 e 9**.

Caso julgue não ter propriedade para avaliar alguma(as) das metodologias basta deixar os campos correspondentes a essa(as) em branco.

#### Exemplo:

No exemplo a seguir as metodologias A, B, C, D e E são avaliadas em função do critério custo.

A Metodologia A por apresentar o menor custo dentre as 5, foi avaliada na posição 0 da escala (Passo 1);

A Metodologia B, em contraponto, apresenta o maior custo, sendo avaliada na posição 10 da escala (Passo 2);

Já as Metodologias C, D e E, por terem custos maiores que A e menores que B, foram avaliados nas posições 5, 3 e 9, respectivamente (Passo3).

#### Critério custo

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Metodologia A	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Metodologia B	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Metodologia C	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Metodologia D	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Metodologia E	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Avaliação das Metodologias e Métodos

As metodologias e métodos avaliados foram identificados através de revisão bibliográfica.

Uma breve descrição de cada uma pode ser encontrada em:

<https://fs29.formsite.com/XBTmF7/form2/index.html?1497890964131><sup>5</sup>

### Critério: CUSTO

**Descrição:** Representa as demandas de investimento necessárias para a execução das metodologias de avaliação de impacto em estudo.

Considere todos os custos relacionados à execução das metodologias, desde a fase de planejamento até a elaboração de relatório final, incluindo questões como: a demanda com equipamentos, reuniões, estudos de campo, análises laboratoriais, obtenção de dados e informações, entre outras, excetuando-se, apenas, os custos relacionados com a contratação de equipe técnica/especializada, que será contabilizada em um critério à parte.

Para equiparar as avaliações assumo que você dispõe de um diagnóstico com as seguintes informações: mapa de uso e ocupação do solo, mapa de tipo de solo, mapa da hidrografia e uma avaliação de qualidade da água no exutório da bacia.

<sup>5</sup> As descrições sucintas contidas no link podem ser observadas no APÊNDICE D

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	<input type="radio"/>										
Metodologias de Listagem	<input type="radio"/>										
Metodologias de Matriz	<input type="radio"/>										
Método das Redes de Interação	<input type="radio"/>										
Modelos de Qualidade da Água	<input type="radio"/>										
Modelos Hidrossedimentológicos	<input type="radio"/>										
Metodologias de Monitoramento	<input type="radio"/>										
Métodos cartográficos	<input type="radio"/>										

**Comentários:**

## Critério: TEMPO

**Descrição:** Representa a necessidade de tempo para a execução da metodologia até a conclusão da avaliação de impactos e elaboração do relatório final.

Considere na sua avaliação que você dispõe de equipe técnica qualificada para a execução de cada uma das metodologias; que os recursos disponíveis atendem a todas as demandas; e que você dispõe de todos os equipamentos e softwares necessários.

Sendo assim, considere o tempo necessário para a aplicação da metodologia, incluindo o tempo para a aquisição dos dados e informações demandadas para a sua execução.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	<input type="radio"/>										
Metodologias de Listagem	<input type="radio"/>										
Metodologias de Matriz	<input type="radio"/>										
Método das Redes de Interação	<input type="radio"/>										
Modelos de Qualidade da Água	<input type="radio"/>										
Modelos Hidrossedimentológicos	<input type="radio"/>										
Metodologias de Monitoramento	<input type="radio"/>										
Métodos cartográficos	<input type="radio"/>										

**Comentários:**

--

## Critério: DEMANDA DE CONHECIMENTOS TÉCNICOS

**Descrição:** Representa a necessidade de conhecimentos técnicos e equipe especializada associada à aplicação de cada metodologia e a execução da avaliação de impactos.

Considere, para esse critério, que você dispõe de recursos suficientes para a contratação de equipe técnica necessária para a execução da metodologia, incluindo equipe especializada para a execução de oficinas, atividades de campo, análise de dados, e demais atividades associadas à execução da metodologia.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	<input type="radio"/>										
Metodologias de Listagem	<input type="radio"/>										
Metodologias de Matriz	<input type="radio"/>										
Método das Redes de Interação	<input type="radio"/>										
Modelos de Qualidade da Água	<input type="radio"/>										
Modelos Hidrossedimentológicos	<input type="radio"/>										
Metodologias de Monitoramento	<input type="radio"/>										
Métodos cartográficos	<input type="radio"/>										

**Comentários:**

--

## Avaliação de Critérios Baseados em Resultados

O leque de metodologias apresentadas tem por objetivo abranger três aspectos da avaliação do impacto sobre os recursos hídricos, relacionado ao uso e ocupação do solo, sendo eles o ambiental, o socioeconômico e o institucional.

Para cada um foram identificados fatores relacionados ao uso e ocupação do solo que podem influenciar, aumentando ou diminuindo, os impactos nos recursos hídricos. Sendo assim, espera-se poder avaliar a empregabilidade/eficiência dos métodos na avaliação de cada um dos aspectos mencionados, auxiliando assim na compreensão da abrangência de resultados que podem ser obtidos por cada uma das metodologias.

**Para os critérios apresentados a seguir, avalie as metodologias, comparativamente, em função da abrangência, diversidade e complexidade de resultados que cada uma pode proporcionar.**

Considere que você **não possui fatores limitantes** para a aplicação de cada uma das metodologias, como: recursos financeiros, tempo, equipe técnica, dados e informações.

## Critério: AVALIAÇÃO AMBIENTAL

**Descrição:** Nesse critério as metodologias são comparadas pelo seu emprego na avaliação de impactos do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos sob o aspecto ambiental.

Entre os Fatores Ambientais, relacionados ao uso e ocupação do solo, que encontram-se dentro do campo dessa avaliação estão: a aplicação de fertilizantes e defensivos, a topografia, o clima, o manejo da irrigação, as características físico-químicas do solo, entre outros.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	<input type="radio"/>										
Metodologias de Listagem	<input type="radio"/>										
Metodologias de Matriz	<input type="radio"/>										
Método das Redes de Interação	<input type="radio"/>										
Modelos de Qualidade da Água	<input type="radio"/>										
Modelos Hidrossedimentológicos	<input type="radio"/>										
Metodologias de Monitoramento	<input type="radio"/>										
Métodos cartográficos	<input type="radio"/>										

**Comentários:**

## Critério: AVALIAÇÃO SOCIOECONÔMICA

**Descrição:** Nesse critério as metodologias são comparadas pelo seu emprego na avaliação de impactos do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos sob o aspecto Socioeconômico, ou seja, como os fatores socioeconômicos influenciam o uso e ocupação do solo e seus impactos.

Dentre os fatores socioeconômicos pode-se citar: a qualificação da mão de obra, a renda per capita, a subdivisão dos grupos familiares, a produção e produtividade das culturas, o saneamento básico, entre outros.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	<input type="radio"/>										
Metodologias de Listagem	<input type="radio"/>										
Metodologias de Matriz	<input type="radio"/>										
Método das Redes de Interação	<input type="radio"/>										
Modelos de Qualidade da Água	<input type="radio"/>										
Modelos Hidrossedimentológicos	<input type="radio"/>										
Metodologias de Monitoramento	<input type="radio"/>										
Métodos cartográficos	<input type="radio"/>										

**Comentários:**

## Critério: AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL

**Descrição:** Nesse critério as metodologias são comparadas pelo seu emprego na avaliação da influência dos fatores institucionais no uso e ocupação do solo e seus respectivos impactos nos recursos hídricos.

Entre os Fatores Institucionais, relacionados ao uso e ocupação do solo, encontram-se: a presença do estado como agente fiscalizador e agente incentivador, o apoio técnico ao produtor rural, ações em educação ambiental, entre outros.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Metodologias Espontâneas - Ad Hoc	<input type="radio"/>										
Metodologias de Listagem	<input type="radio"/>										
Metodologias de Matriz	<input type="radio"/>										
Método das Redes de Interação	<input type="radio"/>										
Modelos de Qualidade da Água	<input type="radio"/>										
Modelos Hidrossedimentológicos	<input type="radio"/>										
Metodologias de Monitoramento	<input type="radio"/>										
Métodos cartográficos	<input type="radio"/>										

**Comentários:**

## **APÊNDICE D – Apresentação sucinta das alternativas metodológicas e dos critérios de análise contidos na proposta metodológica desenvolvida**

### **ALTERNATIVAS METODOLÓGICAS:**

#### **Metodologias Espontâneas**

São metodologias baseadas na formação de grupos de trabalho multidisciplinar com profissionais e experts, que apresentam suas impressões a fim de desenvolver a avaliação de impacto ambiental de forma simples, objetiva e dissertativa. Tem como vantagem a obtenção de resultados em curto espaço de tempo, com apresentação organizada e facilmente compreensível pelo público. São apropriadas a situações com escassez de dados, de forma que as informações obtidas podem fornecer orientação para avaliações futuras. Os principais exemplos desse grupo de metodologias são os métodos Ad-Hoc e Delphi (CUNHA; GUERRA, 2012; LOPES, 2012; RODRIGUES, 1998; STAMM, 2003).

#### **Metodologias de Listagem**

As listagens consistem em métodos rápidos de identificação e enumeração de impactos, a partir do diagnóstico ambiental realizado por especialistas. Apresentam os resultados de forma organizada e compreensível, podendo incorporar escalas de valores e ponderações, tendo como vantagem a avaliação dos impactos mais relevantes. Em contrapartida, não evidenciam as inter-relações entre os fatores impactantes e não especificam as relações de causa-efeito entre impactos em cadeia (CUNHA; GUERRA, 2012; FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004; LOPES, 2012; STAMM, 2003).

#### **Metodologias de Matriz de Interação**

As matrizes de interação referem-se a uma técnica de controle bidimensional que relaciona características ambientais com ações impactantes, permitindo a atribuição de valores de magnitude e importância para cada tipo de impacto. Essa atribuição, apesar de subjetiva, compõe um dos pontos mais importantes dessas metodologias. Além disso, as matrizes permitem fácil compreensão dos resultados; abordam fatores ambientais, físicos, biológicos e socioeconômicos; e apresentam baixo custo e caráter multidisciplinar. Como exemplo das metodologias de matriz pode-se citar a

Matriz de Leopoldo, metodologia de conhecimento abrangente e primeira desse segmento (CREMONEZ et al., 2014; CUNHA; GUERRA, 2012; LOPES, 2012).

### **Método das Redes de Interação**

Essa metodologia utiliza-se de ferramentas gráficas para representar a cadeia de relacionamentos entre os diferentes impactos que surgem das intervenções humanas no meio ambiente. As redes de interação permitem estabelecer relações do tipo causa-efeito, retratando, a partir do impacto inicial, o conjunto de ações que o desencadearam direta ou indiretamente. Apresentam como principais vantagens o fácil entendimento dos impactos secundários e indiretos; a possibilidade de cruzamento de fatores de diferentes disciplinas; e a facilidade na orientação do gerenciamento de impactos identificados (CREMONEZ et al., 2014; FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

### **Modelos Matemáticos de Qualidade da Água**

Esses modelos consistem na representação matemática de processos físicos, químicos ou biológicos, através de um conjunto de equações, muitas vezes diferenciais, capazes de descrever adequadamente tais processos. Em geral o objetivo desses modelos é reconhecer e quantificar, tanto quanto possíveis, as várias interações das características hidráulicas, químicas e biológicas sofridas pelas substâncias aportadas ao corpo d'água. Dentre os diversos modelos observados em literatura estão: SIMCAT, MIKE-11, Qual2E, QualUFMG, QUASAR, WASP, OutorgaLS, AcquaNet, entre outros (FLECK; TAVARES; EYNG, 2013; PERIN, 2013; VON SPERLING, 2007; TUCCI, 1998).

### **Modelos Hidrossedimentológicos**

Constituem-se de modelos matemáticos, de parâmetro distribuído, fisicamente embasados. Nesse grupo a modelagem é baseada na física dos processos, onde a bacia é considerada um sistema espacialmente variável, permitindo sua aplicação em áreas com variação de topografia, uso do solo, cobertura vegetal e clima. Tais condições também permitem a avaliação de áreas mais complexas, além de apresentar melhor precisão na modelagem de eventos individuais. Vale ressaltar a grande demanda por dados de entrada, e sua restrição de aplicação relacionada a problemas de escala, calibração, validação e incertezas inerentes aos valores dos

parâmetros de entrada. Dentre os diversos modelos observados em literatura estão: AGNPS, CHDM, KINEROS2, SHE, SWAT, TOPMODEL, WESP, WEPP (CRESTANA; SILVA; MINOTI, 2006; PAIVA, 2008; SCHULTZ; SOUZA; SANTOS, 2010).

### **Metodologias de Monitoramento**

Essas metodologias têm como característica fundamental a aquisição contínua de dados. São comumente empregadas no levantamento de dados sobre recursos hídricos, sobre as condições ambientais nas bacias hidrográficas e sobre aspectos socioeconômicos que influenciam na relação do homem com o meio, de forma a identificar, avaliar e/ou acompanhar os impactos causados pelas intervenções, antrópicas ou naturais, ocorridas no meio ambiente. A maioria dos estudos que se utilizam dessas metodologias busca associar uma dada condição dos corpos hídricos com fatores observados em sua área de contribuição (ATTANASIO, 2004; CERQUEIRA, 2001; PERIN, 2013; QUEIROZ et al., 2010).

### **Métodos Cartográficos**

Os métodos cartográficos buscam adaptar as técnicas cartográficas para a sua aplicação na avaliação de impactos ambientais, objetivando a localização e a identificação das implicações das mudanças no meio ambiente através de imagens aéreas. Através da montagem de mapas temáticos, de características diversas, é possível produzir uma síntese da situação ambiental de uma dada região geográfica. Atualmente com a utilização de imagens de satélite e computação gráfica, sua aplicação tem se tornado mais simples e rápida. Pode-se citar como método cartográfico de destaque a Sobreposição de Cartas (CREMONEZ et al., 2014; FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004; GALHARTE, 2007).

### **CRITÉRIOS DE ANÁLISE:**

**Custo** – Representa as demandas de investimento necessárias para a execução das metodologias de avaliação de impacto em estudo.

**Tempo** – Representa a necessidade de tempo para a execução da metodologia até a conclusão da avaliação de impactos e elaboração do relatório final.

**Demanda de conhecimentos técnicos** – Representa a necessidade de conhecimentos técnicos e equipe especializada associada à aplicação de cada metodologia e a execução da avaliação de impactos.

**Avaliação ambiental** – Nesse critério as metodologias são comparadas pelo seu emprego na avaliação de impactos do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos sob o aspecto ambiental.

**Avaliação socioeconômica** – Nesse critério as metodologias são comparadas pelo seu emprego na avaliação de impactos do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos sob o aspecto Socioeconômico, ou seja, como os fatores socioeconômicos influenciam o uso e ocupação do solo e seus impactos.

**Avaliação institucional** – Nesse critério as metodologias são comparadas pelo seu emprego na avaliação da influência dos fatores institucionais no uso e ocupação do solo e seus respectivos impactos nos recursos hídricos.