

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

MIRELLA NAZARETH DE MOURA

QUALIDADE AMBIENTAL DE NASCENTES: PROPOSTA METODOLÓGICA

JUIZ DE FORA
2020

MIRELLA NAZARETH DE MOURA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS

QUALIDADE AMBIENTAL DE NASCENTES: PROPOSTA METODOLÓGICA

Orientador: Prof. Dr. Miguel Fernandes Felipe

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora, área de concentração Dinâmicas socioambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

JUIZ DE FORA
2020

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Nazareth de Moura, Mirella.
Qualidade ambiental de nascentes: proposta metodológica /
Mirella Nazareth de Moura. -- 2020.
231 f.

Orientador: Miguel Fernandes Felipe
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós Graduação em Geografia, 2020.

1. Nascentes. 2. Qualidade Ambiental. 3. Planejamento Ambiental. 4. Índice. I. Fernandes Felipe, Miguel, orient. II. Título.

QUALIDADE AMBIENTAL DE NASCENTES: PROPOSTA METODOLÓGICA

Autora: Mirella Nazareth De Moura

Orientador: Prof. Dr. Miguel Fernandes Felipe

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Miguel Fernandes Felipe

Prof. Dr. Celso Bandeira de Melo Ribeiro

Prof. Dr. Antônio Pereira Magalhães Junior

JUIZ DE FORA
2020

AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço acima de tudo, à minha mãe, pelo constante incentivo ao estudo. Sem tal incentivo, eu jamais almejaria a busca por mais conhecimento. E também agradeço, não apenas pelo incentivo aos estudos, mas também pelo entusiasmo, em relação à qualquer pesquisa, artigo, monografia ou dissertação que eu produza.

Também sou extremamente grata ao meu pai, por todos os ensinamentos que me guiaram até aqui, e acima de tudo, por ter aprendido a fazer tudo com muita força de vontade, inteligência, humildade e persistência.

Reconheço aqui, toda a alegria e orgulho, de todos os meus familiares, o que me deixa muito contente, em poder compartilhar com todos, o fruto de um árduo trabalho.

Ao longo da minha pesquisa e da minha escrita me surpreendi, positivamente, com a quantidade de palavras amigas, de incentivo, de preocupação e de conforto que recebi. Sinceramente, não esperava receber, de forma tão verdadeira, todo esse carinho, de cada um que faço questão de mencionar.

Às minhas amigas desde a época do ensino fundamental, Luíza e Andyara, que mesmo antes de conhece-las, eu já havia escolhido cursar Geografia, me apoiaram, se preocuparam e torceram, desde o vestibular até a defesa de mestrado.

Aos meus amigos Letícia, Mário, Bernardo, Hiara e Ane Elyse, que desde a época da graduação, me acompanharam em cada passo em busca do título de bacharel, e também em busca do título de mestre. Em especial, ao Mário, eu deixo todos os meus agradecimentos pelo crescimento não só pessoal, mas também acadêmico, ao longo de três anos de iniciação científica. E à Letícia, tentarei retribuir em sua nova etapa acadêmica, todo o incentivo, cada comemoração e companheirismo que recebi, tanto no âmbito acadêmico como no pessoal.

Os primeiros meses do mestrado me assustou, eu senti certo receio, não só por tamanha responsabilidade acadêmica, mas também por todas as novidades que essa nova jornada me proporcionou. Foram medos, aflições, dúvidas e incertezas, que tive a sorte de não enfrentar sozinha.

Agradeço, imensamente, à Angel, pois além de ter ganhado um porto seguro para encarar meus anseios, também ganhei uma nova amiga. Além de agradecer, explico aqui meus mais sinceros parabéns por também ter concluído sua jornada.

Apesar de alguns momentos de turbulência, o curso de mestrado, me proporcionou uma experiência maravilhosa, a qual serei sempre muito agradecida à Juliana, Nicolle e Dominique, pela confiança de me deixar orienta-las em um projeto de pesquisa, que tanto me ajudou em minha pesquisa. Obrigada meninas, pela colaboração, paciência, dedicação, espírito de equipe e pelo ótimo trabalho. Muito do que está escrito nesta dissertação, eu não teria feito sem a ajuda de vocês.

Quando eu cheguei à metade do meu curso de mestrado, conheci um ser humano maravilhoso, que também estava no meio de sua jornada. Éramos a meia mestra e o meio médico. Tive o privilégio de acompanhá-lo e contar com a sua companhia desde então. Enfrentamos ansiedades, medos e preocupações juntos. Rápida e facilmente nos tornamos melhores amigos e a sua amizade foi e é fundamental para mim. Eu espero, Eduardo, do fundo do meu coração, que eu seja uma profissional tão dedicada e boa naquilo o que faz, quanto você é.

Me faltam palavras, para conseguir expressar a minha gratidão, pela minha irmã da alma, a irmã que meu coração escolheu assim chamar. Eu sei, que com a mesma alegria e orgulho que sinto ao terminar esta dissertação, você também sente. Você não a sente por mim, você a sente comigo. Obrigada, Mayara, por ser tanto.

Meus últimos quatro últimos meses decisivos do mestrado, tive a sorte de ter alguém para caminhar ao meu lado. Muito obrigada, Higor, pela constante preocupação comigo e com o meu trabalho, por todo o carinho e paciência frente aos meus momentos de ansiedade e por sempre acreditar que vai dar certo, quando as vezes, nem eu mesma acredito.

Agradeço também à Lina e aos meus alunos, pela preocupação com o bom andamento do meu trabalho, pela alegria de ver meu trabalho pronto e pela compreensão, pelos momentos que eu me ausentei para participar de congressos, ou pelas aulas que eu tive que remarcar, por ter que priorizar algo relacionado a dissertação.

Deixo aqui, meus agradecimentos, a TODOS os pesquisadores que aceitaram o meu convite para comporem o painel Delphi, que responderam os questionários e que mandaram sugestões. O corpo deste trabalho é oriundo da participação de vocês.

Agradeço também a Roberta, que mais uma vez, disponibilizou-se a me ajudar na reta final da minha escrita.

Por fim, agradeço a pessoa que desde o meu terceiro período me ensinou o que é pesquisar. Miguel, nunca vou me esquecer do dia que você me aceitou como voluntária de seu primeiro projeto de pesquisa. Aquele dia, foi o divisor de águas da minha vida acadêmica. Se hoje eu estou aqui, é porque você me inseriu no mundo acadêmico. Graças a você, eu descobri o que eu gosto e o que eu quero fazer para o resto da vida. Você sempre será o meu maior mentor e a minha maior inspiração. Obrigada por nunca soltar a minha mão e por me ajudar a caminhar até aqui.

Aos meus pais, por todo apoio ao longo desta,
e tantas outras, jornadas.

EPIGRAFE

When all is said and done
You'll believe God is a woman
(Ariana Grande)

RESUMO

Tendo em vista as pressões constantemente sofridas por todos os elementos do meio ambiente, entende-se aqui, a necessidade de proteção das nascentes, a começar pela sua tamanha importância para a sociedade. Ainda que as nascentes sejam dignas de proteção, sabe-se que na prática, isso não acontece da forma ideal. Primeiro, por parte da insuficiência legal que tange a proteção das nascentes, e segundo, devido aos entraves enfrentados por esses sistemas ambientais, oriundos de hiatos teórico-metodológicos, que perpassam os estudos de nascentes. Destaca-se que algumas dessas lacunas, estão intimamente ligadas ao conceito propriamente dito de nascente, seus estudos monotemáticos e sua equivocada abordagem reducionista e linear. É nesta conjuntura que compreende-se a necessidade de estudar as nascentes por um viés sistêmico, complexo e multidisciplinar, capaz de abordar todas as particularidades deste sistema ambiental, e que supere seus hiatos e equívocos, visando a contribuição para uma eficaz gestão e planejamento desses recursos hídricos. Para uma proteção eficaz das nascentes é necessário conhecê-las e compreendê-las, o que, conseqüentemente, implica em investigações multidisciplinares. É neste contexto que a reflexão desta pesquisa se insere. É necessário levantar-se questões, por exemplo como avaliar a qualidade ambiental das nascentes pode ser uma árdua tarefa, já que, em tese, buscar-se-ia uma integração de todos os elementos constituintes desse sistema ambiental. Diante desta ótica, este trabalho objetiva propor um procedimento de avaliação da qualidade ambiental de nascentes, em forma de um índice sintético, a ser aplicado pelos atores envolvidos na gestão ambiental e dos recursos hídricos. Isto posto, para que a construção do índice tomasse forma, foi necessário eleger quais parâmetros de avaliação seriam contemplados. Para tal, utilizou-se o método Delphi, que consiste em uma consulta de um painel de especialistas para temas de difícil consenso. Salienta-se, que a técnica foi dividida em duas grandes etapas: i) a consulta propriamente dita para indicação e recomendação de parâmetros; ii) a verificação dos parâmetros escolhidos e da forma de integração dos mesmos pelos especialistas. Após a tabulação dos dados oriundos da consulta aos pesquisadores, concluiu-se que a melhor alternativa para o tratamento estatístico desses dados, seria por meio de uma análise estatística qualitativa dos mesmos, optando-se pela construção de matrizes qualitativas, bidimensionais, onde os parâmetros foram selecionados dois a dois, por intermédio do cruzamento dos mesmos, seguindo os princípios da análise combinatória. Em linhas gerais, a integração dos parâmetros para formar o índice, foi feita a partir da integração de quatro parâmetros, onde eles foram integrados em dois e esses dois foram integrados em apenas um. A última integração disposta, é o indicador. Dessa forma, assume-se que o índice, produto final dos cruzamentos descritos acima, foi formado por três indicadores finais, que abarcam parâmetros de Pressão, de Estado e de Resposta, atrelados às nascentes.

Palavras chave: Nascentes, Qualidade Ambiental, Planejamento Ambiental, Índice

ABSTRACT

In view of the constant pressures suffered by all elements of the environment, it is understood here, the need to protect the springs, starting with its importance for society. Although the springs are worthy of protection, it is known that in practice, this does not happen in the ideal way. Firstly, due to the legal insufficiency of the protection of the springs, and secondly, due to the obstacles faced by these environmental systems, arising from theoretical and methodological gaps, which pervade the study of springs. It should be noted that some of these gaps are closely linked to the concept of nascent, its monothematic studies and its misleading reductionist and linear approach. It is at this juncture that it is understood the need to study the springs through a systemic, complex and multidisciplinary view, capable of addressing all the peculiarities of this environmental system, and that overcome its gaps and misconceptions, aiming at contributing to an effective management and planning of these water resources. For an effective protection of springs it is necessary to know them and understand them, which consequently entails multidisciplinary investigations. It is in this context that the reflection of this research is inserted. It is necessary to raise questions, for example how to evaluate the environmental quality of the springs can be an arduous task, since, in thesis, it would seek an integration of all the constituent elements of this environmental system. In this perspective, this work aims to propose a procedure to evaluate the environmental quality of springs, in the form of a synthetic index, to be applied by the actors involved in environmental management and water resources. Thus, for the construction of the index to take shape, it was necessary to choose which evaluation parameters would be contemplated. For this, the Delphi method was used, which consists of a consultation of a panel of experts for topics of difficult consensus. It should be noted that the technique was divided into two main steps: i) the consultation itself to indicate and recommend parameters; ii) the verification of the chosen parameters and the way of integration of the same by the specialists. After the tabulation of the data from the query to the researchers, it was concluded that the best alternative for the statistical treatment of these data would be by means of a qualitative statistical analysis of them, opting for the construction of qualitative, two-dimensional matrices, where the parameters were selected two by two, through their crossing, following the principles of combinatorial analysis. In general terms, the integration of the parameters to form the index, was made from the integration of four parameters, where they were integrated in two and these two were integrated in only one. The last integration arranged, is the indicator. As a result, it is assumed that the index, final product of the crosses described above, was formed by three final indicators, which include Pressure, State and Response parameters, linked to the sources.

Key Words: Springs, Environmental quality, Index

LISTA DE FIGURAS

FIGURA-1	O sistema ambiental da nascente e suas variáveis internas e externas.....	35
FIGURA-2	Características dos sistemas complexos.....	42
FIGURA-3	Pirâmide de informações adaptada de Hammond <i>et al</i> , 1995.....	55
FIGURA-4	O método Pressão – Estado – Resposta.....	61
FIGURA-5	O cruzamento dos parâmetros subdivididos em primeira, segunda e terceira ordem.....	65
FIGURA-6	Fluxograma de demonstração dos procedimentos metodológicos para a elaboração do índice.....	67
FIGURA-7-	Limites para diferentes categorias tróficas.....	91
FIGURA- 8	Índice de estado trófico composto pelos índices de estado trófico para transparência IET (S), para o fósforo IET (PT) e para a clorofila a IET (Cla).....	91
FIGURA-9	Valores dos limites das concentrações de fósforo total para os diferentes níveis tróficos, segundo o sistema de classificação proposto por Carlson (1977) e modificado Toledo Jr <i>et al</i> (1983).....	93
FIGURA-10	Cálculo da vazão.....	123
FIGURA-11	Proposta de classificação de nascentes - springs - segundo a vazão, de Meinzer (1927).....	124
FIGURA-12	Percursos metodológicos para a aplicação do PAAN.....	143
FIGURA-13	Espacialização das nascentes da Universidade Federal de Juiz de Fora.....	144

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Cruzamento de primeira ordem: cada par cruzando entre si.....	66
QUADRO 2	Cruzamento de segunda ordem: o cruzamento entre os parâmetros do par oriundo do cruzamento de primeira ordem.....	66
QUADRO-3	Parâmetros disponibilizados para consulta classificados de acordo com suas médias lançadas.....	69
QUADRO -4	Parâmetros sugeridos pelos painelistas e a quantidade de vezes que ele foi solicitado.....	76
QUADRO -5	Parâmetros utilizados para a caracterização da nascente.....	80
QUADRO -6	Parâmetros de Pressão, estado e resposta.....	81
QUADRO -7	Os 4 melhores parâmetros elencados com suas respectivas porcentagens de inclusão.....	83
QUADRO -8	O cruzamento do parâmetro <i>Degradação na APP</i> da nascente com o parâmetro <i>Assoreamento na nascente</i>	133
QUADRO -9	O cruzamento do parâmetro <i>Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente</i> com o parâmetro <i>Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente</i>	134
QUADRO -10	Cruzamento os parâmetros Morfodinâmica da nascente com Contato com a nascente.....	134
QUADRO -11	O cruzamento dos parâmetros <i>Coliformes Termotolerantes na água</i> com o <i>DBO na água</i>	135
QUADRO -12	Cruzamento dos parâmetros <i>Eutrofização na água</i> com <i>Óleos e graxas na água</i>	135
QUADRO -13	Cruzamento dos parâmetros <i>Poluição microbiológica na nascente</i> E <i>Poluição bioquímica na nascente</i>	136
QUADRO -14	Cruzamento do parâmetro <i>Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes</i> com o parâmetro <i>Articulação entre população e entidades de regulação</i>	136
QUADRO -15	Cruzamento dos parâmetros <i>Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes</i> com <i>Combate e – ou controle de processos erosivos na APP</i>	137
QUADRO -16	Cruzamento dos parâmetros de <i>Governança e Recuperação ambiental</i>	138

QUADRO -17	Todas as possíveis opções de respostas do índice.....	139
QUADRO -18	Parâmetros de caracterização de nascentes e suas respectivas formas de caracterização.....	140
QUADRO -19	Parâmetros pertencentes ao protocolo de avaliação com suas respectivas formas de coleta.....	141
QUADRO -20	Classificação do parâmetro Oxigênio Dissolvido na água.....	147
QUADRO -21	Classificação do parâmetro Turbidez da água.....	150
QUADRO -22	Classificação do parâmetro Presença de materiais flutuantes na água.....	151
QUADRO -23	Respostas das nascentes ao PAAN (simplificado).....	174
QUADRO -24	Resultados de ambos os protocolos aplicados, em duas nascentes do <i>campus</i>	176
QUADRO -25	Caracterização das nascentes do <i>campus</i> da UFJF, parte I.....	177
QUADRO -26	Caracterização das nascentes do <i>campus</i> da UFJF, parte II.....	179

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Aplicação do PAAN Técnico na nascente UF20.....	148
TABELA 2	Aplicação do PAAN Técnico na nascente UF23.....	149
TABELA -3	Aplicação do PAAN na nascente UF01.....	152
TABELA -4	Aplicação do PAAN para a nascente UF02.....	153
TABELA -5	Aplicação do PAAN para a nascente UF03.....	154
TABELA -6	Aplicação do PAAN para a nascente UF04.....	155
TABELA -7	Aplicação do PAAN para a nascente UF05.....	156
TABELA -8	Aplicação do PAAN para a nascente UF08.....	157
TABELA -9	Aplicação do PAAN para a nascente UF09.....	158
TABELA -10	Aplicação do PAAN para a nascente UF10.....	160
TABELA -11	Aplicação do PAAN para a nascente UF13.....	161
TABELA -12	Aplicação do PAAN para a nascente UF14.....	162
TABELA -13	Aplicação do PAAN para a nascente UF15.....	163
TABELA -14	Aplicação do PAAN para a nascente UF16.....	164
TABELA -15	Aplicação do PAAN para a nascente UF20.....	165
TABELA -16	Aplicação do PAAN para a nascente UF21.....	166
TABELA -17	Aplicação do PAAN para a nascente UF23.....	168
TABELA -18	Aplicação do PAAN para a nascente UF25.....	168
TABELA -19	Aplicação do PAAN para a nascente UF26.....	170
TABELA -20	Aplicação do PAAN para a nascente UF27.....	171
TABELA -21	Aplicação do PAAN para a nascente UF28.....	172

LISTA DE GRÁFICO

GRÁFICO -1	Formação acadêmica dos especialistas que participaram do painel Delphi...	68
GRÁFICO -2	Parâmetros disponibilizados para consulta e suas médias alcançadas.....	73
GRÁFICO -3	Os 4 melhores parâmetros de Pressão e suas respectivas porcentagens de inclusão	84
GRÁFICO -4	Os 4 melhores parâmetros de Estado e suas respectivas porcentagens de inclusão.....	84
GRÁFICO -5	Os 4 melhores parâmetros de Respostas e suas respectivas porcentagens de inclusão.....	85

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 OBJETIVOS.....	24
1.1.1 Objetivo geral.....	24
1.1.2 Objetivos específicos.....	24
2 REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 A ABORDAGEM SISTÊMICA E A GEOGRAFIA.....	25
2.2 A ABORDAGEM SISTÊMICA NO ESTUDO DE NASCENTES	32
2.3 AS NASCENTES NA PERSPECTIVA DA COMPLEXIDADE	35
2.4 (DES) ORDEM E (DES) EQUILÍBRIO	43
2.5 A QUALIDADE AMBIENTAL DE NASCENTES.....	45
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	53
4 RESULTADOS	68
4.1 INTERPRETAÇÕES DO PAINEL DELPHI	68
4.2 A CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL DE NASCENTES	85
4.2.1 Os parâmetros que integram o índice	85
4.2.2 Os parâmetros que integram o protocolo de caracterização de nascentes.....	115
4.2.3 A integração estatística dos parâmetros.....	131
4.2.3.1 Obtenção do indicador de Pressão	131
4.2.3.2 Obtenção do indicador de Estado	134
4.2.3.3 Obtenção do indicador de Resposta	136
4.2.4 Hierarquização dos resultados	138
4.2.5 Percurso metodológico para aplicação do PAAN	139
5 VERIFICAÇÃO DA APLICABILIDADE DO PAAN	144
5.1 A APLICAÇÃO do PAAN TÉCNICO	147
5.2 A APLICAÇÃO DO PAAN SIMPLIFICADO.....	150
5.3 HIERARQUIZAÇÃO DAS RESPOSTAS DOS INDICADORES	173
5.4 COMPARAÇÃO ENTRE O PAAN TÉCNICO E O PAAN SIMPLIFICADO.....	176
5.5 A CARACTERIZAÇÃO DAS NASCENTES DO CAMPUS DA UFJF.....	177
CONSIDERAÇÕES FINAIS	182
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	185
APÊNDICE 1 Protocolo de caracterização de nascentes	199
APÊNDICE 2 Protocolo de avaliação da qualidade ambiental de nascentes	202
APÊNDICE 3 Matrizes para a cruzamento dos parâmetros , originando o indicador final	205

APÊNDICE 4 Primeira rodada do Painel Delphi: Os 84 parâmetros, os 25 primeiros painelistas participantes, as notas atribuídas a cada um dos parâmetros dispostos e os cálculos da média e moda	158	210
APÊNDICE 5 – Primeira rodada do Painel Delphi: Os 84 parâmetros, os restantes 21 painelistas participantes, as notas atribuídas a cada um dos parâmetros dispostos e os cálculos da média e moda		215
APÊNDICE 6 – Segunda rodada do Painel Delphi: A seleção dos 5 parâmetros de Pressão, os 5 parâmetros de Estado e os 5 parâmetros de Resposta e a contagem dos mesmos		221
APÊNDICE 7 – Carta aos especialistas: Convite e instruções para a primeira e segunda rodada do Delphi		226

1 INTRODUÇÃO

O processo histórico de ocupação e colonização do território brasileiro na era pós-cabralina esteve fortemente vinculado à transformação da paisagem e à degradação ambiental. Com o advento da retirada e substituição da cobertura vegetal, atrelada à alteração da superfície geomorfológica, a dinâmica hidrológica foi completamente afetada, tal como a qualidade dos elementos do sistema fluvial (GOMES, *et al* 2005).

Tendo em vista a atual conjuntura da sociedade, norteadas pela lógica política e econômica de apropriação capitalista do espaço, Felipe (2009) ressalta que as nascentes, são sistemas reconhecidamente sensíveis às intervenções no meio, sendo severamente afetadas, a começar pela vigente desregulação da relação sociedade/natureza (PORTO-GONÇALVES, 2006) atrelada ao ágil desequilíbrio na apropriação e uso de recursos e de capital ecológico (JACOBI, 1999). Esses dois fatores são explicados, pelo fato de que o ser humano é altamente capaz de modificar fragmentos do quadro natural, com o intuito de construir uma natureza secundária, que se adapte a seus fins (SANTOS, 1998). Dessarte, com o crescimento das preocupações ambientais, sobretudo a partir do início do século XXI, a qualidade ambiental das nascentes passa a ser foco de preocupação de cientistas das mais diversas áreas.

Felipe e Magalhães (2009) evidenciam a importância das nascentes para a sociedade, uma vez que levando-se em conta que a água das chuvas é efêmera, recai sobre as nascentes perenes (alimentadas frequentemente pelos aquíferos) a responsabilidade de manutenção dos fluxos dos rios e córregos, inclusive em períodos secos. Dessa forma, deve-se entender as nascentes, em linhas gerais, como a passagem da água subterrânea para a superfície, determinando o recorte espacial da rede hidrográfica. (FELIPPE, 2013).

Deste modo, as nascentes são responsáveis pela origem dos recursos hídricos de mais fácil acesso à maioria da população e dos setores econômicos. Isso se dá ao fato de que os custos financeiros de utilização das águas superficiais são menores do que o das águas subterrâneas, especialmente em países tropicais, como o Brasil, que contam com densas redes hidrográficas superficiais (FELIPPE; MAGALHÃES 2009).

Tendo em vista a relevância das nascentes para o subsídio dos fluxos dos canais fluviais, a literatura acadêmica é cônsona ao defender a importância das mesmas. Esses complexos sistemas são dignos de notoriedade, uma vez que se configuram como ambientes singulares e heterogêneos, dotados de funções geomorfológicas, hidrológicas, ecológicas e sociais. Além disso, caracterizam-se como ecossistemas específicos, condicionados e

caracterizados por uma especificidade ambiental, sendo fundamentais para a manutenção da dinâmica do sistema ambiental (FELIPPE, 2013).

No âmbito legal, considera-se, de forma rasa, que “nascente ou olho d’água é o local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea” (BRASIL, 2002. Art. 2º, II). Ainda que essa definição esteja longe de se consagrar, cientificamente, como o conceito de nascente, ela é o ponto de partida para a gestão ambiental, visto que, a partir dela, são definidas as áreas de preservação permanente (FELIPPE e MAGALHÃES 2009)

Todavia, essa Lei federal foi ultrapassada e agora se configura como Lei federal de 2012¹. Destarte, a nova Lei, contou com algumas mudanças significativas no que tange a proteção das nascentes. Isso, pois de acordo com a mais recente Lei 12.651/2012, apenas as nascentes caracterizadas como perenes, e não mais também as intermitentes, serão conservadas (BRASIL, 2012).

Felippe (2009) acrescenta que ainda que a exigência legal, seja uma justificativa extremamente aceitável para vigência da proteção de nascentes, o que se depara na realidade não é isso. Observa-se um evidente e total desrespeito à legislação ambiental brasileira, refletindo na negativa consequência de degradação das nascentes.

Além da insuficiência legal que tange a proteção das nascentes, esses sistemas ambientais enfrentam outros entraves, como bem colocado por Springer e Stevens (2009), que afirmam que ainda que o tema “nascentes” esteja em voga na ciência mundial, pesquisas que as tomam como objetos de estudo ainda são escassas. Visto isso, os autores ressaltam que alguns tópicos acerca das nascentes se encontram turvos e sem resposta, não apenas pela complexidade dessa problemática, mas sim pela carência de bases teóricas e metodológicas deste assunto.

Para Felipe (2013), alguns fatores contribuem para essa carência teórico-metodológica, como por exemplo, o coloquialismo do termo e uma ausente preocupação epistemológica, que culminam em uma escassez de material científico sobre nascentes; a dificuldade de consenso referente ao conceito da mesma na comunidade acadêmica, visto a sua multidisciplinaridade; o fato de que muitos proprietários rurais inviabilizam a realização de pesquisas em suas nascentes; a difícil acessibilidade dos locais onde se iniciam os cursos d’água e a não correspondência do termo em outros idiomas.

¹ O STF divulgou no dia 28 de fevereiro de 2018, algumas regras de compensação em relação a Lei florestal de 2012. Segundo o STF, “todas as nascentes e olhos d’água, sejam intermitentes ou perenes, devem ter APPs preservadas.” Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/brasil-43235211>

Ademais, esse déficit teórico metodológico também é percebido em alguns trabalhos, onde as nascentes são abordadas, sem nem mesmo levar em conta seu conceito (MOURA, 2018). Isso pode acarretar em interpretações, análises e entendimentos distorcidos e errôneos da realidade, uma vez que o leitor é desprovido de qualquer embasamento teórico para nortear seus estudos. Além disso, Marques e Felipe (2017) acrescentam que a compreensão acerca da dinâmica das nascentes também é comprometida, uma vez que as nascentes são encaradas, frequente e equivocadamente, de uma forma simplista, visto que não se leva em conta a geodiversidade das mesmas.

Considerando os tópicos supracitados, talvez o que melhor explique estes hiatos nas pesquisas referentes às nascentes seja a resistência, de uma parte dos estudiosos, em tomá-las como sistemas ambientais (MOURA 2018). Resistência essa, provavelmente, uma consequência clara e imediata da herança do que Morin (2015) denomina como “paradigma de simplificação”, onde o conhecimento baseia-se nos princípios de disjunção e redução, facilmente percebida nos trabalhos acadêmicos onde a nascente é trabalhada sob uma ótica reducionista, seguindo alguns conceitos como os de Brasil (2002), Allaby e Allaby (1991), entre outros, os quais a água é o único elemento a ser ressaltado.

Além das lacunas existentes nos estudos de nascentes, outro obstáculo aparece: a ciência geográfica, pouco se tem preocupado com as nascentes. No que diz respeito à geomorfologia, as nascentes comumente são consideradas como pontos iniciais de drenagem dos canais superficiais, ficando, muitas vezes, camufladas em trabalhos que investigam as cabeceiras de drenagem (FELIPPE, 2009). Ainda, o autor argumenta que na maioria dos trabalhos realizados, as nascentes são meras *loci* de estudo, pouco contribuindo para o estudo das mesmas. Consequentemente, poucas são as pesquisas que tomam as nascentes como objeto de estudo e que de fato contribuem para o conhecimento e entendimento do comportamento das mesmas.

Para mais, deve-se considerar que a formação acadêmica do autor faz total diferença na definição do que é uma nascente. Sendo assim, são inevitáveis alguns desacordos que induzem possibilidades de distintas interpretações, acarretando possíveis discordâncias subentendidas e conceituações incoerentes, gerando dúvidas que ocasionam na inexatidão das pesquisas (FELIPPE e MAGALHÃES JR, 2013). Um simples exemplo disso são os usos corriqueiros, em trabalhos científicos ou não, de termos como “minas” e “fontes” objetivando referir-se às nascentes.

Destarte, observa-se que o conceito de nascente é martirizado devido à popularidade e frequência utilizada desse termo, por membros da comunidade científica ou não. Acarreta-se,

assim, uma possível imprecisão, engendrando incoerências e hiatos, que acabam desfavorecendo o avanço dos estudos desta ciência (FELIPPE, 2009).

Busca-se aqui ressaltar o quão crucial é para o estudo de nascentes, compreender, concisamente, seu conceito exato. Uma interpretação equivocada acerca das mesmas, é capaz de corromper toda a pesquisa, podendo inclusive induzir o pesquisador a alcançar resultados não condizentes com a realidade.

Para Felipe e Magalhães (2013) ainda que existam esforços para corroborar com o estudo de nascentes, muitos deles são monotemáticos, impossibilitando a integração de todos os elementos do sistema ambiental, impedindo de se promover uma relação entre esses, compromete a percepção de um estudo mais holista a respeito da qualidade ambiental e integridade das nascentes.

Um dos maiores apelos deste trabalho, é sem dúvida, trazer para o estudo de nascentes a característica multidisciplinar que elas fortemente carregam, mas que, infelizmente, na maioria das vezes, não é valorizada e contemplada.

Visto isso, pode-se afirmar que a multidisciplinaridade das nascentes, é talvez, um dos maiores entraves para seu estudo. Para Felipe (2013) uma vez que o estudo de nascentes exija conhecimentos oriundos da geomorfologia, hidrologia, hidrogeologia, pedologia, e climatologia, são escassos os trabalhos que arriscam adentrar-se nesta temática multidisciplinar. Como consequência, o autor ainda discute que a maioria das pesquisas abrange apenas um ou outro aspecto das nascentes, notadamente, orientados pela formação do pesquisador.

A aspiração de desenvolver um estudo abarcando todos os aspectos possíveis atrelados ao estudo de nascentes, visando uma futura contribuição para um saber mais exato sobre esses sistemas foi, sem dúvida, o maior impulsionador desta pesquisa.

Contudo, deve-se salientar aqui, que alguns esforços acadêmicos com o intuito de se estudar as nascentes, merecem destaque. Deve-se frisar que esses estudos são oriundos de literaturas nacionais e internacionais. Deste modo, tem-se Van Der Kamp (1995) escrevendo sobre a hidrogeologia das nascentes e sua relação com a biodiversidade da fauna ao seu redor. Burns, Murdoch e Lawrence (1998) em sua pesquisa sobre o efeito de concentrações de NO_x em nascentes nas montanhas de Catskill, Donádio, Galbiatti e De Paula (2005) ao estudarem a qualidade da água e nascentes com diferentes usos do solo. Davis e Brahana (2005) em seu trabalho sobre a presença de *Escherichia Coli* em nascentes cársticas do nordeste do Arkansas. Pinto *et al* (2005) realizando o estudo da vegetação como subsídios para proposta de recuperação de nascentes. Donovan, Kistinger e Acheapong (2007) dissertando sobre a

caracterização de nascentes na Nevada Oriental. Stevens e Meretsky (2008) em seu trabalho a respeito de nascentes em zonas áridas da América do Norte. Felipe (2009) apresentando uma proposta metodológica para caracterização e tipologia de nascentes. Springer e Stevens (2009) em sua pesquisa sobre as esferas das descargas de nascentes. Felipe e Magalhães Júnior (2009) em seu estudo das consequências da ocupação urbana na dinâmica das nascentes. Jang *et al* (2012) caracterizando as propriedades hidrotermais das nascentes em Taiwan. Crispim *et al* (2012) ao proporem uma melhora na qualidade de vida de pequenos agricultores, através da técnica de conservação e proteção de nascentes utilizando solocimento. Rocha *et al* (2012) e Moura *et al* (2012) ao também apresentarem uma identificação e caracterização de nascentes. Felipe (2013) ao estudar a gênese e a dinâmica das nascentes. Gamero (2014) em sua análise comparativa da aplicabilidade de Protocolos de Avaliação Rápida em Nascentes. Botelho e Davide (2015) ao proporem métodos para recuperação de nascentes. Felipe e Magalhães Júnior (2012) e Oliveira *et al* (2014) objetivando avaliar macroscopicamente os impactos ambientais em nascentes. Além de Felipe e Magalhães Júnior (2013), Moura, Campos e Felipe (2015) ao buscarem uma relação entre vazão e precipitação em nascentes; Moura *et al* (2018) em seus estudos acerca das limitações e possibilidades que tangem os protocolos de avaliação rápida em nascentes.

Ainda que esses esforços tenham seus devidos reconhecimentos por colaborarem com estudos relacionados as nascentes, muitos deles não promovem uma relação entre esses elementos, dificultando a compreensão de um estudo mais holista a respeito da qualidade ambiental e integridade das nascentes. Dos trabalhos realizados a respeito desta temática, a maior parte dos mesmos, envolve de forma reducionista e monotemática, descrições fisiográficas e hidrológicas superficiais de algumas nascentes, avaliações de impactos/danos ambientais (principalmente através do estudo de qualidade da água) e propostas de recuperação e ou proteção de nascentes. Desta maneira, percebe-se a necessidade de adentrar em um estudo mais completo e robusto acerca das nascentes, compreendendo seu funcionamento e dinâmica, levando em conta todas as variáveis que compõe esse sistema ambiental.

Visto isso, considerando as contribuições acadêmicas a respeito do estudo de nascentes e seus hiatos, surge a necessidade de levantar questões, por exemplo, de como avaliar a qualidade ambiental das nascentes pode ser uma árdua tarefa, já que, em tese, buscar-se-ia uma integração de todos os elementos constituintes desse sistema ambiental.

Os objetivos de se avaliar a qualidade ambiental das nascentes, perpassa, diretamente, pela seara do planejamento e da gestão ambiental. Santos (2013) discute as interações entre

ambos e conclui que o planejamento ambiental está atrelado às propostas para consolidação ou alteração parcial ou total das realidades, enquanto a gestão ambiental visa a execução, administração e monitoramento das propostas. Destarte, percebe-se que o planejamento ambiental deve subsidiar e anteceder a gestão ambiental.

Tendo-se o cerne deste trabalho voltado para a construção de uma metodologia para a avaliação da qualidade ambiental de nascentes, viu-se pertinente, salientar as metodologias já existentes dessa temática ,afim de se evitar repetições e trazer novas propostas.

Almejando-se o diagnóstico dos impactos ambientais de nascentes, foi adaptado por Gomes *et al* (2005) o Índice de Impacto Ambiental em Nascentes (IIAN). Entende-se esse como uma ferramenta interpretativa da qualidade ambiental que permite diagnosticar as perturbações ambientais em determinada nascente. Segundo Gomes *et al* (2005), a técnica consiste na avaliação sensorial – macroscópica – e comparativa de alguns elementos-chave na identificação de impactos ambientais e suas consequências sobre a qualidade das nascentes.

Pinto (2019) desenvolveu em sua dissertação de mestrado o Protocolo de Avaliação Integrada e Monitoramento de Nascentes de Cursos d'Água (PANÁgua). Esse, refere-se a ferramenta de avaliação integrada e monitoramento, que possa subsidiar a gestão de recursos hídricos e o planejamento de bacias hidrográficas. Segundo o autor, O PANÁgua é fomentado por diferentes etapas de aplicação e categorias de avaliação, compondo uma série de parâmetros e indicadores, que possibilitam determinar o estado de conservação de nascentes de cursos d'água. Ademais, o autor ainda ressalta que o PANÁgua mostrou, de fato, ser uma ferramenta útil e eficaz que sintetiza e demonstra as condições ambientais das nascentes de uma forma coerente, dando subsídio aos órgãos ambientais nos processos relacionados à Gestão Integrada de Recursos Hídricos e do planejamento de bacias hidrográficas (PINTO, 2019).

Tendo em vista a vigente escassez de técnicas específicas para avaliação de nascentes, ferramentas desenvolvidas para cursos d'água são, frequentemente, utilizadas com adaptações. Ressalta-se aqui, o Protocolo de Avaliação Rápida adaptado por Callisto *et al* (2002) recorrentemente utilizado para diagnóstico de rios e ambientes fluviais, através da avaliação da água e dos sedimentos, que também pode ser aplicado em nascentes realizando-se alguns ajustes necessários, conforme Moura *et al* (2016) e Morem *et al* (2019). Pinto, Roma e Balieiro (2012) propuseram avaliar o impacto de diferentes usos do solo sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas da água de nascentes. Para tal, os autores fizeram uso do IQA (Índice de Qualidade da Água). Segundo a ANA (Agência Nacional das Águas),

o IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água para o abastecimento público, após o tratamento convencional.

Ainda que já existam alguns protocolos de avaliação ambiental de nascentes, ressalta-se a importância da elaboração de um novo. Essa nova ferramenta de avaliação da qualidade ambiental de nascentes deverá levar em conta as fragilidades e lacunas teórico-metodológicas existentes, na tentativa de superá-las, objetivando uma avaliação mais fiel e robusta acerca da real condição da nascente estudada.

Segundo Felipe (2013), para uma proteção eficaz das nascentes é necessário conhecê-las, compreender suas características, seu comportamento e sua gênese. Isso requer investigações que são, por princípio, multidisciplinares. Dessa forma, é neste contexto que a reflexão desta pesquisa se insere.

Tendo em vista as dificuldades supracitadas, elas devem ser consideradas e entendidas para posteriormente serem superadas. Isso implicaria em realizar um estudo que abrangesse as particularidades que envolvem as nascentes, e que superasse seus hiatos e equívocos, visando a contribuição para uma eficaz gestão e planejamento desses recursos hídricos.

Essa contribuição trata-se da elaboração de uma ferramenta de gestão ambiental, que visa corroborar com o estudo da qualidade ambiental de nascentes, considerando, concomitantemente, sua complexidade e sua multidisciplinaridade.

1.1 OBJETIVOS

1.1.2 Objetivo geral:

Propor um procedimento de avaliação da qualidade ambiental de nascentes, a luz do desenvolvimento de um índice sintético, que seja robusto do ponto de vista acadêmico e, concomitantemente, simples o suficiente para ser aplicado pelos atores envolvidos na gestão ambiental e dos recursos hídricos;

1.1.3 Objetivos específicos:

- Eleger quais parâmetros são mais relevantes para o estudo da qualidade ambiental das nascentes, a partir de uma consulta a especialistas;
- Verificar a aplicabilidade do índice em nascentes sob pressões ambientais;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A ABORDAGEM SISTÊMICA E A GEOGRAFIA

No intuito de se compreender o advento da abordagem sistêmica na ciência geográfica, primeiramente, ressalta-se aqui, um breve histórico acerca da origem da abordagem sistêmica no âmbito científico.

De acordo com Vicente e Perez Filho (2003) é no movimento Iluminista, por volta do século XVIII, que se inicia no mundo ocidental. Emerge uma significativa preocupação com a sistematização e organização da busca do conhecimento científico, evidenciando um novo enfoque na produção do conhecimento, a luz de conceitos inovadores, especialmente, na Física e na Matemática, posteriormente na Filosofia e na própria episteme científica.

Entretanto, ainda que o pensamento iluminista representasse uma importante quebra de paradigmas em relação ao pensamento teocentrista, até então predominante, ele esbarrava no entrave do mecanicismo do pensamento cartesiano. Em outras palavras, entendia-se o universo como uma máquina, como um todo regido por padrões lineares de ações e reações que se repetem continuamente (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003).

Ainda segundo os autores, mesmo no auge do paradigma mecanicista, sempre houve indícios de que o Universo e as leis que, supostamente, o regem, não eram tão lineares e previsíveis, como defendiam grande parte dos pensadores da época. O conhecimento das características de cada elemento componente de um todo, por si, não se mostrava suficiente para o entendimento dos múltiplos elementos do mesmo tipo nesse todo.

Deste modo, ainda que de formas diferentes e em períodos distintos da evolução do pensamento científico, foram muitos os pensadores que trabalharam, em algum momento, com a noção de sistemas, especialmente no que se dizia respeito as questões não respondidas pelo pensamento científico regido pelo pensamento cartesiano (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003).

Porém, a partir do começo do século XIX, surgem os primeiros estudos físico-matemáticos almejando uma compreensão sistêmica do comportamento dos elementos, calcados na incapacidade da física newtoniana em explicar processos conservativos e dissipativos do calor, dando origem à Termodinâmica, a luz do trabalho de Jean-Joseph Fourier, Sadi Carnot e James Prescott Joule, tornando-se base para uma série de teorias e conceitos, que posteriormente ganhariam evidência, tendo como principal característica o

comportamento não-linear, evolutivo, probabilístico e por vezes caótico, ou seja, sistêmico (PRIGOGINE; STENGERS, 1997).

Concomitantemente, denotando uma tendência para a rediscussão da ordem científica vigente, Ludwig Von Bertalanffy, em um seminário de filosofia em Chicago, em 1937, trouxe para debate uma primeira tentativa de sistematização filosófica do conceito de sistemas. Todavia, o meio acadêmico, não se mostrou receptivo para tal pensamento. As ideias de Bertalanffy engendraram uma maior repercussão pós Segunda Guerra Mundial, por meio de sua obra “Teoria Geral dos Sistemas”.

Parte-se, então, do princípio que essa abordagem foi preconizada por Ludwig Von Bertalanffy e R. Defay por volta de 1930, com aplicações na biologia e na termodinâmica (LIMBERGER, 2006). Von Bertalanffy intrigava-se com as lacunas presentes em suas pesquisas e na teoria da biologia, já que o enfoque mecanicista, ainda aparecia como um grande obstáculo (VALE, 2012).

O modelo conceitual de Bertalanffy (1968) entende o organismo vivo como um sistema aberto, uma entidade em frequente interação com o ambiente (VALE, 2012). Nas palavras de Limberger (2006), Bertalanffy defendia uma concepção organísmica na biologia, que evidenciasse a ideia de um organismo como totalidade ou como sistema.

O autor ressalta a concepção sistêmica ao discutir que

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo (BERTALANFFY, 1973; p. 53).

Segundo Bertalanffy (1968), a Teoria Geral do Sistema seria tida como uma ferramenta de considerável utilidade, capaz de conceber modelos a serem utilizados em distintos campos e transmitidos de uns para os outros, preservando-os do perigo oriundo de analogias superficiais.

Sendo assim, a Teoria Geral dos Sistemas entende o sistema como o complexo de componentes em interação, tomando conceitos característicos das totalidades organizadas - interação, soma, mecanização, centralização, competição, finalidade, etc - e aplicando-os a fenômenos concretos (VALE, 2012). Dessa forma, segundo Hall e Fagen (1965, apud CHRISTOFOLETTI, 1979), um sistema é o conjunto dos elementos e das relações entre eles e entre os seus atributos.

Visto isso, deve-se ter em mente que a interpretação integrada da natureza exige visões mais abrangentes daquelas que se opõe à retórica reducionista, que defende que o todo deve ser considerado como nada além do que a simples soma das partes, e a fragmentação do objeto implica em uma confusão das relações de interdependência entre as partes de um todo. (BRANCO, 1989).

Baseando-se nessas definições se pressupõe que os sistemas devem ter suas partes componentes inter-relacionadas, dependentes umas das outras, através de ligações que denunciam os fluxos (VALE, 2012).

Deve-se concordar com Christofolletti (2007) ao defender que os sistemas podem apresentar propriedades oriundas da interação das suas partes, uma vez que os elementos analisados de forma separada, não correspondem à funcionalidade de todo o sistema. Isso significa que essa ideia de interação, procura compreender o conjunto além de suas partes e sugere que o todo é maior que a somatória das propriedades e relações de suas partes, já que há o surgimento de novas propriedades que não se originam do conhecimento de suas partes constituintes (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Já Strahler e Strahler (1992) complementam que cada sistema de fluxo consiste de caminhos conectados através dos quais a matéria ou energia ou ambos se movem continuamente e Morin (1999) acrescenta que a partir da concepção sistêmica, os fenômenos começam a ser analisados em suas particularidades, e não somente em suas leis gerais. Ainda segundo o autor, os sistemas podem ser únicos, mas também múltiplos, sendo composto por vários outros (sub) sistemas.

De acordo com Christofolletti (2007) ainda que existam uma série de possíveis categorizações dos sistemas, será discutido aqui, que esses podem ser considerados simples ou complexos. Os sistemas simples (ou sistemas lineares) são compostos por um agregado de elementos relacionados de forma conjunta e agindo uns sobre os outros conforme as leis. Ou seja, nesse sistema, a relação de causa e efeito entre os elementos pode ser prevista com precisão (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Já os sistemas complexos (ou não lineares) na visão de Christofolletti (2007) definem-se como um conjunto de grande quantidade de componentes interligados, capacitados para trocarem informações com seu entorno condicionante, podendo-se também, se adaptarem a sua estrutura interna. Em outras palavras, Souza e Buckeridge (2004) defendem que os sistemas complexos são compostos por muitos elementos e/ou subsistemas diferentes.

Os sistemas complexos, são também sistemas abertos, ou seja, a sua existência e estrutura dependem de uma alimentação externa, sendo essa alimentação material, energética,

organizacional ou informacional (MORIN, 2015). Ainda segundo o autor, existe um desequilíbrio nesse fluxo energético que alimenta o sistema. É por isso, que se considera neste trabalho, que os sistemas complexos estão em frequente desequilíbrio, visto que sucessivamente recebem matéria e energia de seu entorno. Para Christofolletti (2007) essa constante ausência de equilíbrio nos sistemas complexos, está intimamente atrelada ao fato de que suas respostas a um determinado evento não são, obrigatoriamente, proporcionais à intensidade desses eventos.

Bertalanffy não poderia prever que a Geografia abraçaria de forma tão vigente, os pressupostos da Teoria Geral dos Sistemas. Fato esse facilmente observado, tendo em vista o grande número de pesquisas científicas, nas quais o geossistema e a paisagem são as categorias de análise mais frequentes nos estudos sistêmicos (VALE, 2012).

Para se compreender a relevância da inserção da Teoria Geral dos Sistemas na Geografia, seria pertinente traçar, ainda que de forma breve, sua trajetória epistemológica, a começar considerando a influência kantiana (GREGORY, 1992) a partir do século XIX, por meio do positivismo como método científico da época de sua gênese enquanto ciência. Harvey e Hartshorne (GREGORY, 1992, p.48) enfatizam a dificuldade, por parte da Geografia no momento de sua gênese

em estabelecer normatizações e elaborar leis e princípios gerais (um dos pressupostos básicos do positivismo) baseados numa transposição de leis naturais calcadas em hipótese e empirismo lógico (conceitos próprios da ciência clássica de cunho cartesiano). Dessa maneira, buscando afirmação e postulados próprios, vários geógrafos centram-se na região e desenvolvem uma relação empírica de levantamento descritivo e dissertativo sobre diferentes lugares, seus componentes, suas particularidades e de seus elementos. O conceito de excepcionalidade geográfica presente nos enunciados geográficos da época, é fruto direto da influência kantiana e do desenvolvimento do conceito de região.

Como seus maiores expoentes Alexander Von Humboldt e Carl Ritter, a luz do conceito de *Landschaft* (paisagem), lança-se “as bases para uma Geografia de cunho analítico e comprometida com a dinâmica das relações espaciais e do entendimento conjunto da estrutura da superfície terrestre e seus processos”(PASSOS, 1998, p.15). Dicotômica e simultaneamente, desdobra-se o conceito de região firmado sobre uma abordagem historicista/comparativa regional de Vidal de la Blache, pautando-se em uma descritiva regional, seguida de uma tentativa de montagem e interpretação deste mosaico descritivo. (PASSOS, 1998).

Para Marques Neto (2008) a introdução da abordagem sistêmica como método de pesquisa em Geografia Física se deu em praticamente todos os ramos da ciência geográfica.

Ainda segundo o autor, a concepção sistêmica em Geografia, evidencia-se já nos primórdios de sua sistematização por Alexander von Humboldt no final do século XVIII, o qual, baseando-se no conceito de *Landschaft*, entendia o meio geográfico em sua totalidade, funcionando mediante as inter-relações entre seus elementos, manifestando-se assim as primeiras rupturas com o paradigma mecanicista e reducionista na interpretação do meio. Nessa passagem, Humboldt traz para seus estudos uma visão sistêmica do universo discutindo a paisagem com base em elementos geomorfológicos, biogeográficos e climatológicos em relação às organizações humanas ao longo da história (MARQUES NETO, 2008).

Vale (2012) afirma que a influência da Ecologia na Geografia foi muito forte, especialmente no início do século XIX. Percebe-se claramente essa influência nos trabalhos realizados pelo naturalista alemão Alexandre von Humboldt (como já mencionado anteriormente), bem como pelos estudos de Ritter e Ratzel e dos russos Dokucháev, Voiéikov (VALE, 2012).

Dessarte, Gregory (1992) esclarece que o processo de incorporação da abordagem sistêmica na Geografia Física perdurou-se por 35 anos, iniciando-se em 1935 com a formulação do conceito de ecossistema pelo ecólogo-botânico A. G. Tansley e recebendo o coroamento definitivo com a publicação a obra “Physical Geography: a system approach” de Chorley e Kennedy no ano de 1971. Desde então, a visão sistêmica é, evidentemente, uma das principais condutoras nas pesquisas em Geografia Física.

A Geografia e a Ecologia abordam em seus estudos a distribuição e a organização dos fenômenos sobre a superfície da terra (CHORLEY; HAGGETT, 1974 apud VALE, 2012), ambas as disciplinas elaboraram conceitos e técnicas semelhantes de manipular problemas similares.

Nesse sentido, de acordo com Vale (2012) em 1939, foi elaborado e definido pelo biogeógrafo alemão Carl Troll o termo ecologia das paisagens que aborda, especificamente, as inter-relações complexas entre os organismos, estudando seu manejo integral como ecossistema. Ainda segundo a autora, o fruto da influência que a Ecologia exerceu sobre a Geografia, é a denominação de uma Ecologia da Paisagem, cujos princípios baseiam-se na ótica horizontal do geógrafo somada à visão vertical do ecólogo. Essa soma enriquecedora, viria a ser uma referência aos estudos, sobretudo biogeográficos, que visavam entender as relações sociedade-natureza (VALE, 2012).

Sendo assim, para Vale (2012) a adoção do conceito de sistema pela ecologia engendrou o desenvolvimento da Geografia Física, uma vez que o entendimento do meio

ambiente, que é exercido pelos diversos ramos da Geografia Física, é melhor fomentado dentro de uma abordagem sistêmica.

Nesse sentido, Vale (2012) ressalta que a concepção da análise integrada do sistema ambiental dirige-se, de certa forma (e não totalmente), para a óptica da abordagem sistêmica da Teoria Geral do Sistema, tendo como maior elo a noção e conceituação do geossistema. Dessarte, o surgimento dos estudos geográficos a luz dos geossistemas e da análise integrada da paisagem ajudaram na consolidação da abordagem sistêmica na seara da Geografia teórica e aplicada (MARQUES NETO, 2008).

Bertrand (2004) defende que há algumas décadas, no âmbito da ciência geográfica estudiosos vem desenvolvendo a teoria geossistêmica tendo como base a Teoria Geral dos Sistemas.

O termo Geossistemas, foi criado pelo geógrafo russo Vitor Sotchava, na década de 1960, influenciado por geógrafos como Grigoriev e Isatchenko e foi construído no intuito de se ter um método para o estudo da espacialidade dos fenômenos geográficos nas planícies soviéticas. Para Sotchava, a elaboração de uma classificação e de uma conceituação de geossistemas deveria basear-se no aprofundamento dos estudos da paisagem, referindo-se, particularmente à noção de homogêneo e diferenciado, como princípios fundamentais à classificação do geossistema (VALE, 2012).

Marques Neto (2008) ressalta que embora os geossistemas, para Sotchava, se tratassem de sistemas naturais, o autor visava estipular uma tipologia aplicável às manifestações geográficas que tem como princípio primordial o reconhecimento de uma conexão real entre os elementos biofísicos e a esfera sócio-econômica.

O autor ainda acrescenta que segundo Sotchava (1977 apud MARQUES NETO, 2008, p.9), “toda categoria dimensional de geossistema (topológica, regional, planetária, intermediária) possui escalas próprias e princípios organizativos peculiares”.

Ainda,

Sotchava (1978) define geossistema como uma classe peculiar de sistemas abertos e hierarquicamente organizados. Entre os elementos fundamentais para a diferenciação dos geossistemas, o autor enfatizava as características dinâmicas e a evolução das paisagens estudadas. Entre as principais características estudadas por ele estava a geomorfologia, a hidroclimática, a pedologia e a botânica, sem esquecer os estudos geoquímicos a respeito dos fluxos de matéria e energia (VALE, 2012, p.17).

Além disso, Sotchava (1978) apud Vale (2012) considerava os geossistemas como fenômenos naturais onde os fatores econômicos e sociais influenciariam a sua estrutura e

peculiaridades espaciais. Dessa forma, esses fatores devem, obrigatoriamente, ser considerados nos estudos e pesquisas dos geossistemas.

Outro ponto interessante a ser aqui considerado, perpassa a concepção de Troppmair, que levanta a sobreposição conceitual que o autor faz entre os termos geossistema e paisagem (MARQUES NETO, 2008).

Nas palavras do biogeógrafo brasileiro “A estrutura, as interrelações e a dinâmica que ocorrem em determinada área formando um Geossistema, dão a feição, a fisionomia daquele espaço, que é a própria paisagem vista como sistema, como unidade real e integrada” (TROPMAIR, 2004, p.09). Ademais, “PAISAGEM é um fato concreto, um termo fundamental e de importante significado para a GEOGRAFIA, pois a paisagem é a própria fisionomia do geossistema” (TROPMAIR, 2004, p. 09. grifo do autor).

Pela óptica da Escola Francesa, Bertrand (1971) também apresentou uma discussão síncrona para geossistema e paisagem enquanto categorias de análise integrada em Geografia, apresentando a seguinte afirmativa:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 1971, p. 02).

Ademais, Oliveira (2003), afirma que o geossistema retrata um conjunto orgânico e dinâmico constituído por elementos bióticos, abióticos e antrópicos controlado por relações variáveis no tempo e no espaço, enquanto a paisagem, configura-se como a materialização de um estado do geossistema por meio de uma combinação particular e histórica de seus elementos. Ambas as unidades espaciais (geossistema e paisagem), são de natureza sistêmica, sendo de grande competência da Geografia.

A abordagem sistêmica dentro da Geografia evidencia, “uma tendência de sobreposição conceitual entre paisagem e geossistema, sendo comumente discutidos de forma associada e por vezes considerados a mesma categoria de análise” (MARQUES NETO, 2008, p.78).

Desta maneira, pode-se perceber que a abordagem sistêmica configurou-se como uma importante contribuição para a ciência geográfica, especialmente no que tange o estudo e o entendimento das unidades geográficas hoje utilizadas, as quais são norteadas pelas concepções holística-sistêmicas.

2.2 A ABORDAGEM SISTÊMICA NO ESTUDO DE NASCENTES

Para que as nascentes sejam consideradas sistemas ambientais, é necessário elucidar os pressupostos que sustentam essa ideia. Como ponto de partida, tem-se a concepção que nascentes são compostas por uma pluralidade de elementos que interagem entre si. Essa interação mútua de fatores, perpassa a retórica de uma abordagem sistêmica.

A troca entre águas subterrâneas e águas superficiais é altamente transiente no tempo e variável no espaço, sendo controlada por inúmeros recursos e processos interconectados, como heterogeneidades subterrâneas, sistemas de fluxo de águas subterrâneas, condições climáticas e vegetação (ROSSI, *et al* 2012). Nota-se aqui a necessidade de tomar as nascentes como sistemas, visto a mútua e vigente relação entre seus elementos constituintes.

Nesta conjuntura, deve-se partir do princípio que a multidisciplinaridade é fundamental para sustentar um conceito de nascente que supere as fronteiras dos campos de conhecimento. Pressupõe-se que maioria dos conceitos já propostos, se mostram insuficientes, uma vez que alguns ao considerarem a nascente como a “descarga”, ou seja, o fluxo de água, acabam limitando sua interpretação às variáveis hidrológicas, aproximando-se do que os geólogos, no Brasil, chamam de fonte (DAVIS, 1966 apud FELIPPE; MAGALHÃES, 2013). Já outros, (ALLABY; ALLABY, 1991; TODD; MAYS, 2005 apud FELIPPE; MAGALHÃES, 2013) consideraram que a nascente é a descarga de água.

Todavia, essa interpretação se torna difícil para confirmação visual em campo. Admitir que uma nascente é um fluxo de água a ela associado é considerar que a nascente é imaterial. Como resultado, a distinção entre nascente, fonte ou surgência torna-se extremamente árdua.

Felippe e Magalhães (2013) salientam que outras conceituações, a exemplo da de Blij *et al.* (2004) também são insatisfatórias, uma vez que o canal de drenagem é destacado e não propriamente a nascente. Ou seja, o conceito de nascente em si está, neste caso, associado ao canal de drenagem. Assim, a morfologia passa a ser a correspondente espacial da nascente e não mais o processo.

Outros conceitos, como os de Valente e Gomes (2005) não são nem um pouco esclarecedores em relação ao conceito de nascente, inclusive até dificultam a conceitualização por apresentarem inúmeras possibilidades de interpretação (FELIPPE, 2009).

Algumas concordâncias entre os conceitos submetidos à avaliação podem ser mencionadas. As propostas de Allaby e Allaby (1991), Todd e Mays (2005) e Davis (1966) possuem vários elementos em comum, sobretudo ao centralizar na água a definição de nascente. Da mesma forma, similaridades são nítidas entre os conceitos de Brasil (2002), Valente e Gomes (2005) e Goudie (2004). Outro grupo de conceitos com elementos comuns é o de Pinto et al. (2004), Priberam (2009) e Wikipédia (2009), que focam na concepção popular do termo. No caso de Feter (1994) e Summerfield (1991), não há efetivamente um conceito, mas sim uma descrição ou caracterização de nascentes. (FELIPPE, 2009)

Levando em conta os conceitos de nascentes supracitados, pode-se observar uma preocupação evidente em mostrar que essas, não são apenas fluxos, locais ou formas. É por isso, que ainda que tocassem em assuntos cruciais acerca das nascentes, os conceitos analisados não eram completos.

Dessa forma, segundo Felipe (2009; 2013) torna-se evidente a dificuldade de uma proposta conceitual que seja ampla, precisa, simples e abrangente, já que os conceitos já propostos, carecem de uma melhor apreciação pela comunidade acadêmica, tendo em vista a importância deste sistema ambiental. Deste modo, é necessário que se evite simplificações que alterem a concepção original do termo na língua portuguesa e que ao mesmo tempo, possibilite a aplicação prática (no meio técnico, jurídico e acadêmico) de sua definição (FELIPPE, 2013).

Sendo assim, no intuito de propor um novo conceito de nascentes, Felipe (2009) partiu do pressuposto de que seria necessário abarcar toda a complexidade que fomenta os estudos de nascentes. Para tal, precisava-se de uma definição que englobasse toda a pluralidade de elementos (materiais e imateriais) que as contemplam. Assim, a nascente não poderia ser definida apenas como um ponto, uma área, um local, uma descarga ou uma feição.

Ao propor uma nova definição de nascentes, alguns elementos deveriam ser levados em conta como características primordiais. Após a consulta ao painel de especialistas três elementos puderam ser enumerados: i) a exfiltração da água subterrânea de forma perene ou não; ii) a formação de um canal de drenagem a jusante; iii) a origem de forma natural das nascentes (FELIPPE, 2009).

Nas palavras do autor

Defende-se, então, a necessidade de uma ampla revisão conceitual sobre nascentes. Uma releitura que não apenas busque formatar o espaço a partir de um ou vários conceitos dados, mas que possibilite a discussão e a reformulação do conceito após a observação do espaço. Sob essa perspectiva, a multidisciplinaridade pode ser a chave para um conceito que não seja útil apenas para determinado campo do conhecimento, como é de praxe, mas que vise uma abordagem que supere essas fronteiras. (FELIPPE, 2009, p.72)

Tendo em vista os resultados do painel, o autor constatou que os conceitos mais aceitos pelos especialistas comungam da ideia de que as nascentes são sistemas ambientais sem implicação territorial, de totalidade própria, provenientes de elementos engendrando processuais – fluxos de matéria e energia, não se restringindo ao ponto ou área de exfiltração da água subterrânea. Desta forma, abarcam, conceitualmente, as características geomorfológicas que as espacializam e marcam o início do escoamento fluvial do sistema hidrográfico ao qual pertencem (FELIPPE, 2009).

Assim, uma nascente pode ser considerada “como um sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente de modo temporário ou perene, e cujos fluxos hidrológicos na fase superficial são integrados à rede de drenagem” (FELIPPE 2009, p.99).

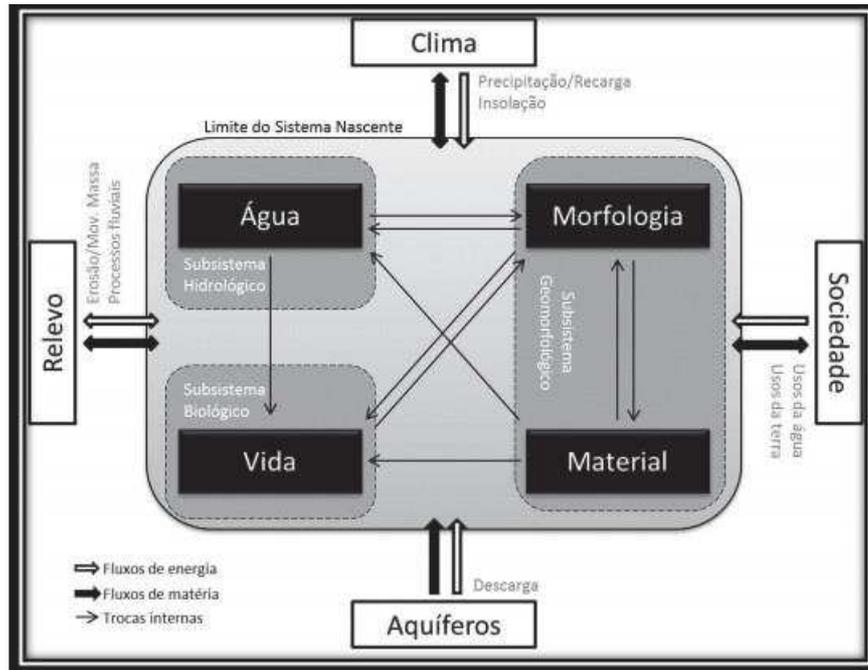
Tendo em vista este conceito, pode-se afirmar que uma nascente engloba os mais diversos processos hidrológicos, hidrogeológicos e geomorfológicos que resultam na exfiltração da água e na formação de um curso d’água (FELIPPE, 2009). Assim, o autor foi capaz de construir um conceito amplo o suficiente para abranger toda a complexidade das nascentes e sendo também claro o suficiente para a execução em campo, seja no âmbito acadêmico, legal ou social.

Ao tomar as nascentes enquanto sistemas ambientais (FIG.1), deve-se entendê-las como subsistemas abertos do geossistema no qual se inserem (FELIPPE, 2013). Ainda, segundo o autor, variáveis externas como o clima, relevo, sociedade e aquíferos condicionam a gênese e a dinâmica das nascentes. Além disso, variáveis internas também são responsáveis pela estruturação das nascentes, como por exemplo, a água, morfologia, ecossistema e material onde a água exfiltra (FELIPPE, 2013).

O clima controla o fornecimento de água pela precipitação e a manutenção do regime das nascentes intermitentes. Além disso, a mobilidade das nascentes está intimamente atrelada à sazonalidade climática, uma vez que essas se movem de acordo com a pluviosidade e com a oscilação do nível hidrostático do fundo dos vales (FARIA, 1997).

Os aquíferos garantem a exfiltração e influenciam (de certa forma) nas características das águas. O relevo define a localização das nascentes e a sociedade está atrelada ao uso e ao mesmo tempo à transformação das nascentes. A morfologia determina os locais de baixo potencial onde estarão as surgências. O material é o que recobre a morfologia da nascente e o ecossistema é o que se desenvolve em função das condições ambientais locais. Essas variáveis estruturantes (FIG. 1) serão definidoras das características fisiográficas das nascentes (FELIPPE, 2013).

FIGURA 1 O sistema ambiental da nascente e suas variáveis internas e externas.



Fonte: Felipe (2013)

Sendo assim, expressa-se aqui a imprescindibilidade deste trabalho de interpretar e discutir as nascentes sob uma óptica sistêmica. Enxergar as nascentes como muito mais do que a água que é exfiltrada exige o leitor de cometer equívocos, como por exemplo, de uma visão deturpada acerca do real estado da nascente. Isso quer dizer, que a partir do momento que não se leva em conta a conexão de todos os elementos constituintes da nascente, o conhecimento em relação à mesma faz-se reduzido e limitado, comprometendo o entendimento de sua gênese, tipologia, dinâmica, das pressões exercidas sob esse sistema, e conseqüentemente, confinando um estudo mais completo e profícuo sobre sua gestão e proteção.

2.3 AS NASCENTES NA PERSPECTIVA DA COMPLEXIDADE

De acordo com Vale (2012) o campo das ciências biológicas, comportamentais e sociais apresentavam problemas constantes em relação aos seus próprios organismos ou de sua própria natureza, sendo esses problemas, totalmente desprezados, considerados ilusórios ou metafísicos.

Concomitantemente a esse cenário, o paradigma da complexidade emerge como uma nova forma de pensar (n)a ciência. Suas raízes históricas são evidenciadas em pesquisas

desenvolvidas no Biological Computer Laboratory, na Universidade de Illinois, onde foi desenvolvido um texto conhecido como *On Self Organizing Systems and Their Environments*, de autoria de Heinz von Foerster, em 1960 (SERVA, 1992). Ainda segundo o autor, o referido texto foi resultado dos estudos desse autor sobre determinados temas, tais como: causalidade circular, autorreferência e o papel organizador do acaso, fazendo uso da aproximação de conhecimentos da biologia e da cibernética para abordar a dinâmica operacional dos sistemas auto-organizadores.

Nessa mesma época, Jaques Monod, André Lwoff e François Jacob apresentaram uma “cibernética microscópica”, ao estudarem o funcionamento e a reprodução da célula, indo além dos limites da bioquímica celular. Esses pesquisadores desenvolveram em paralelo um estudo epistemológico em busca da renovação da ciência e destacaram a importância do acaso para a evolução das espécies (SERVA, DIAS e ALPERSEDT, 2010).

Posteriormente, com o advento de modelos retratando as perspectivas de interação entre as variáveis da natureza, viu-se a necessidade de introduzir novas categorias de pensamento na pesquisa científica (VALE, 2012). Ainda segundo a autora, visando lograr a resolução de problemas no campo das ciências que apresentavam múltiplas variáveis, exigia-se a adoção de novos instrumentos conceituais para tratar os problemas de complexidade organizada.

Visto isso, os modelos teóricos, de onde decorrem os instrumentos, deveriam ser interdisciplinares, uma vez que transcendem os departamentos convencionais da ciência e se aplicam a fenômenos em diversos domínios (VALE, 2012).

Além disso, para Morin (1999), a própria ciência forjou, durante muito tempo, homogeneidades simplificadoras. Comumente, os objetos eram isolados do seu contexto e do contexto dos observadores, e, assim, as disciplinas foram fragmentadas, inviabilizando o diálogo entre as ciências. O exemplo da perda de energia na termodinâmica é uma problemática bastante viável para exemplificar que nem tudo é reversível e, a partir desse exemplo, passa-se a acreditar, mais que inteligibilidade e incerteza são inseparáveis (SERVA, DIAS e ALPERSEDT, 2010). Dessa forma, os autores salientam que tanto na mecânica quântica quanto na relatividade ou na dinâmica, as demonstrações de impossibilidade das certezas absolutas indicam que não se pode descrever a natureza do exterior como simples expectador.

Morin (1999) explica que diversos autores passaram a construir metodologias e currículos que fossem capazes de exercer a trajetória de um pensamento simples para um

complexo, buscando uma perspectiva sistêmica no intuito de superar visões baseadas em causalidade estrita e linear, muitas vezes presentes na ciência.

Segundo Veado (1998) por meio da análise sistêmica e sua complexidade, é possível de se criar conhecimentos acerca da natureza, da estrutura e dos elementos que a compõem; compreender como uns influenciam os outros; entender o papel e função de cada um dos componentes e como o homem e suas atividades modificam a organização espacial de um dado território.

Mas o que seria este paradigma da complexidade? Em um de seus capítulos iniciais acerca deste tema, Morin (2015) ressalta que complexidade, não é simplesmente, o antônimo de simplicidade. Ela é um emaranhado de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações e acasos, que constituem o mundo fenomênico. A complexidade é o reflexo da desordem, da ambiguidade e da incerteza (MORIN, 2015).

Um sistema complexo (ainda que o mais simples), além de combinar um número muito grande de unidades de interação, compreende a indeterminação, incomensurabilidade das interações entre as unidades elementares, e ainda abarca os fenômenos aleatórios. Para Morin (2015), a complexidade sempre estará atrelada ao acaso. Dessa forma, o sujeito não se encontra mais diante de um objeto bem determinado, submetido a leis simples e sobre o qual ele pode operar previsões precisas.

Serva (1992) afirma que para compreender, plena e completamente, o paradigma da complexidade, é necessário que se tenha em mente alguns conceitos-chave que fomentam o mesmo. Portanto, será discorrido sobre organização, auto-organização, autonomia e evento.

O conceito de organização está intimamente atrelado às ideias de sistema e de ordem. A organização é a produtora de um sistema ou de uma unidade complexa, já que se assume “como disposição relacional que liga, transforma, mantém ou produz componentes, indivíduos ou acontecimentos” (SERVA, 1992). Ademais, a organização sustenta solidariedade e solidez relativa às ligações, criando possibilidades de duração ao sistema, em face das perturbações aleatórias (MORIN, 1977). Ainda para o mesmo autor, a organização é entendida como a permanente reorganização de um sistema, que sempre tende a se desorganizar. Alves e Semioti (2006) ainda complementam que a inter-relação e a unidade global do sistema, são ligadas pela ideia de organização, pois uma vez que adquirem um caráter regular, as inter-relações entre elementos, sujeitos e acontecimentos se tornam organizacionais.

Portanto, para Serva (1992) inter-relação, organização e sistema são entendidos em uma reciprocidade circular. Ainda para o autor, embora diretamente ligada à ordem, a

organização não deve ser confundida com ela, visto que a organização não pode ser reduzida à ordem, embora comporte e produza ordem. Assim, a organização, enquanto disposição relacional, remete ao plano dinâmico da interação, sendo superior à concepção de ordem (SERVA, 1992).

Morin (2015) complementa, ao afirmar que o organismo está sujeito a uma organização rica e complexa, impossibilitado de ser reduzido a leis lineares, princípios simples, ideias claras e distintas, frutos de uma visão mecanicista. Ainda para o autor, a organização não pode ser compreendida segundo os preceitos de uma máquina artificial. O organicismo supõe uma organização complexa e rica, mas não a propõe (MORIN, 2015).

Portanto, afirma-se que um conjunto de interações constitui uma organização. Essa é o encadeamento de relações entre elementos que produz um sistema dotado de qualidades desconhecidas quanto aos elementos, tomados isoladamente (MORIN 2002). A organização conecta de modo inter-relacional as partes, que se tornam elementos de um todo. Ela também “assegura solidariedade e solidez relativa a estas ligações, assegurando então ao sistema certa possibilidade de duração apesar das perturbações aleatórias” (MORIN, 2002, p. 133). E permite regular, dar coerência e sentido às ações e inter-relações produzidas no sistema – “ela produz, transforma, liga e mantém” (MORIN, 2002, p.133).

Ademais, Alves e Semioti (2006) discutem que as inter-relações são proporcionadas devido as singularidades e diversidades dos sujeitos, pelo próprio sistema grupo e seus subgrupos e pelas relações produzidas, gerando processos de organização e desorganização, de subjetivação e sujeição, de ordem e caos. A organização resulta na ligação dos indivíduos/sujeitos que constituem o sistema, assegura a interdependência entre eles, define uma relação de compromisso com normas, valores e objetivos comuns, produz e mantém a singularidade e a identidade do sistema.

Uma vez que se entende os preceitos da organização do sistema, o próximo passo visa compreender o funcionamento da auto-organização do mesmo. Morin (2002) considera o “autos” como uma propriedade que incentiva que sistema extraia de si mesmo a fonte de sua autonomia, sendo, ao mesmo tempo, dependente de energia e informação do meio ambiente.

Esse é o conceito central da complexidade, que se originou, primeiramente, no campo da cibernética, entretanto, foi na biologia que o conceito tornou-se mais complexo e desafiante (SERVA, 1992).

Segundo o mesmo autor, é portanto, do estudo dos sistemas vivos que advém o maior aprofundamento do conceito de auto-organização. Ela se apresenta nesses sistemas como “resultante da capacidade de fazer face às perturbações aleatórias do ambiente, por

desorganização seguidas de reorganizações internas, absorvendo, tolerando, integrando o erro e/ ou o ruído causadores das perturbações” (SERVA, 1992, p.29).

Morin (2015) acrescenta que o fundamento da auto-organização apresenta um caráter paradoxal, que evidencia que a ordem dos organismos vivos não é simples e nem se aplica à lógica dos comportamentos mecânicos, postulando uma lógica de complexidade.

Em linhas gerais, o processo auto-organizador “cria o radicalmente novo, ampliando a capacidade do sistema de interagir com os eventos aleatórios que o perturbam, assimilando-os e modificando a sua estrutura” (SERVA, 1992, p.29).

Deste modo, ainda para o autor, o aumento da complexidade do sistema implica no aumento de um nível de organização a outro mais elevado, com novas propriedades emergentes, uma maior aptidão para assumir novas formas e uma maior propensão para novas disposições relacionais.

Outro ponto de vista da auto-organização apresentado na pesquisa de Serva (1992) é oriundo das pesquisas de Francisco Varela. Intrigado pela ideia de um programa que organize a si próprio, Varela buscou perceber em que consiste a identidade desse programa, desvendando o mecanismo da auto-organização. Conceituando como “autopoiese”, a lógica de funcionamento interno dos sistemas autoprodutores, isto é, a criação da ordem a partir do ruído ou da desordem.

Ainda, segundo Calgaro (2006), vista como a noção central da dinâmica constitutiva dos seres vivos, a autopoiese constitui-se por uma rede de processos de produção onde cada componente participa da produção e da transformação de outros elementos da rede. O resultado desta coprodução de componentes é o padrão de organização do sistema vivo, o qual só pode ser reconhecido como tal se estiver incorporado a uma estrutura física. Maturana (1995) usa o termo autopoiese, que significa autocriação, autoconstrução, para explicar a condição necessária e suficiente para que um sistema seja considerado vivo. Deste modo, Varela estabelece a relação entre auto-organização e autonomia (SERVA, 1992).

Sustentado pela concepção de que um autômato só pode ser pensado do seu interior, Varela coloca-se do ponto de vista do interior dos autômatos vivos, conceituando seu funcionamento como “clausura organizacional”. No entanto, a clausura organizacional não implica o isolamento do ambiente, ao contrário, o enriquece (SERVA, 1992).

Nesse sentido, a autonomia configura-se como uma ação que busca definir um sistema por sua coerência interna, ou seja, por seus comportamentos próprios, no intuito de dar conta de sua identidade. A clausura de um sistema já permite uma variedade de comportamentos

próprios, as perturbações provenientes do ambiente desencadeiam, transformam, originam novos comportamentos próprios (SERVA, 1992).

Em outras palavras, para Serva, Dias e Alperstedt (2010) a concepção de autonomia abarca a ideia de um comportamento próprio, ou seja, de um sistema definido a partir de seus próprios comportamentos e em seguida possibilitando a interação com o ambiente para dar conta da sua identidade.

Para Morgan (1996), a interação de um sistema com seu ambiente é um reflexo e parte de sua própria organização, evidenciando que o ambiente não está segregado do sistema, sendo, na verdade, uma parte dele. Assim, a ótica da complexidade deve englobar o paradoxo autonomia e dependência, sem se descuidar e promover exclusão de qualquer desses termos.

Desta maneira, Serva (1992) entende a auto-organização como um conjunto de comportamentos característicos das unidades autônomas. O conceito de autonomia é oriundo das ideias de organização e de sistema e é elaborado mediante uma lógica paradoxal, pela qual autonomia e dependência não são vistas como condições excludentes, já que o sistema depende em parte do ambiente; a autonomia nunca poderá ser absoluta, o pensamento que pretende dar conta do complexo assimila-as simultaneamente, assumindo o paradoxo (SERVA, 1992).

A compreensão do novo mundo perpassa, segundo Serva, Dias e Alperstedt (2010) necessariamente, pelo conceito de evento ou acontecimento, visto que todos os conceitos previamente citados apresentam íntima relação com o acaso, corroborando o princípio fundamental do paradigma da complexidade, que é o afastamento do determinismo.

Dessa maneira, baseando-se numa visão fenomenológica das realidades físicas, biológicas e antropossociais, Serva (1992) afirma que os pesquisadores do ramo da complexidade tentam resgatar a importância do evento em todos os campos científicos, pois o evento designa, evoca o que é improvável, acidental, aleatório, singular, concreto e histórico. Assim, nota-se a presença desse conceito em todos os outros descritos acima.

Ainda para o mesmo autor, os estudos da complexidade, ao resgatar cientificamente o evento, tentam esboçar uma ciência do devir, isto é, uma ciência das condições da evolução humana, pois os sistemas mais complexos seriam aqueles mais assimiladores do evento, do acidente, do ruído (SERVA, 1992). Para Morin (2015), existe uma direta relação entre o número de eventos e a capacidade que um sistema tem de absorvê-los e, por meio da auto organização, evoluir. Dessarte, quanto maior for a capacidade do sistema de absorver esses eventos, mais complexo o sistema será.

Outra característica que também deve ser ressaltada acerca dos sistemas é a entropia. Vetromille-Castro (2008) afirma que a entropia tem suas origens no princípio dos estudos sobre a quantidade de energia que é perdida em determinados fenômenos, como no atrito de elementos ou em processos de convecção. Em outras palavras, a entropia é um conceito atrelado à Segunda Lei da Termodinâmica, que trata

da transformação de energia em trabalho e diz que a transferência de calor sempre acontece do corpo mais quente para o mais frio, até que a temperatura de ambos seja igual. Durante a transferência, parte da energia é dissipada, perdida no meio. A entropia pode ser considerada como a medida da energia que se dissipa nesse processo. (VETROMILLE-CASTRO, 2008,p.6)

O autor ainda destaca que a entropia está presente nos sistemas abertos, visto que a energia está em constante dissipação. No entanto, no caso dos sistemas fechados, não há meios para receber compensação da energia perdida, logo a entropia e a desordem sempre aumentam.

Isso, pois há o fato de que a entropia trata do aumento no grau de desordem, de dispersão e de perda de energia em um sistema.

Além disso, a entropia se manifesta em qualquer sistema, seja ele fechado ou aberto, com a diferença que, no primeiro tipo ela sempre aumenta, constante e invariavelmente, ao passo que no segundo há a chance de o processo de desordem e perda de energia desacelerar, em função da influência de fatores externos (VETROMILLE-CASTRO, 2008).

Esta breve contextualização dos conceitos-chave que sustentam o paradigma da complexidade, auxilia na compreensão desse, e principalmente, ao trazê-lo para o estudo das nascentes.

Mas afinal, por que se deve entender as nascentes como sistemas complexos?

Primeiramente, voltando à discussão acerca da complexidade, foi aqui exposto que no pensamento complexo, conhecer o sistema não implica em separá-lo de seu meio ambiente, e sim contextualizá-lo nesse meio, considerando todo acontecimento e informação que o atravessa numa relação de inseparabilidade. Ou seja, conhecer o sistema nascente significa entender que ele é composto por uma série de elementos (água, animais, vegetação, solo, ar, rochas, etc.) que são indissociáveis entre si. É um grande equívoco estudar cada elemento separadamente, para no final buscar um entendimento a respeito da nascente. Os elementos devem ser entendidos em conjunto, sempre relacionando-os entre si. Em outras palavras, o sistema se constitui não pela existência das suas partes integrantes, mas sim pelas inter-relações entre elas (ALVES e SEMIOTTI, 2006).

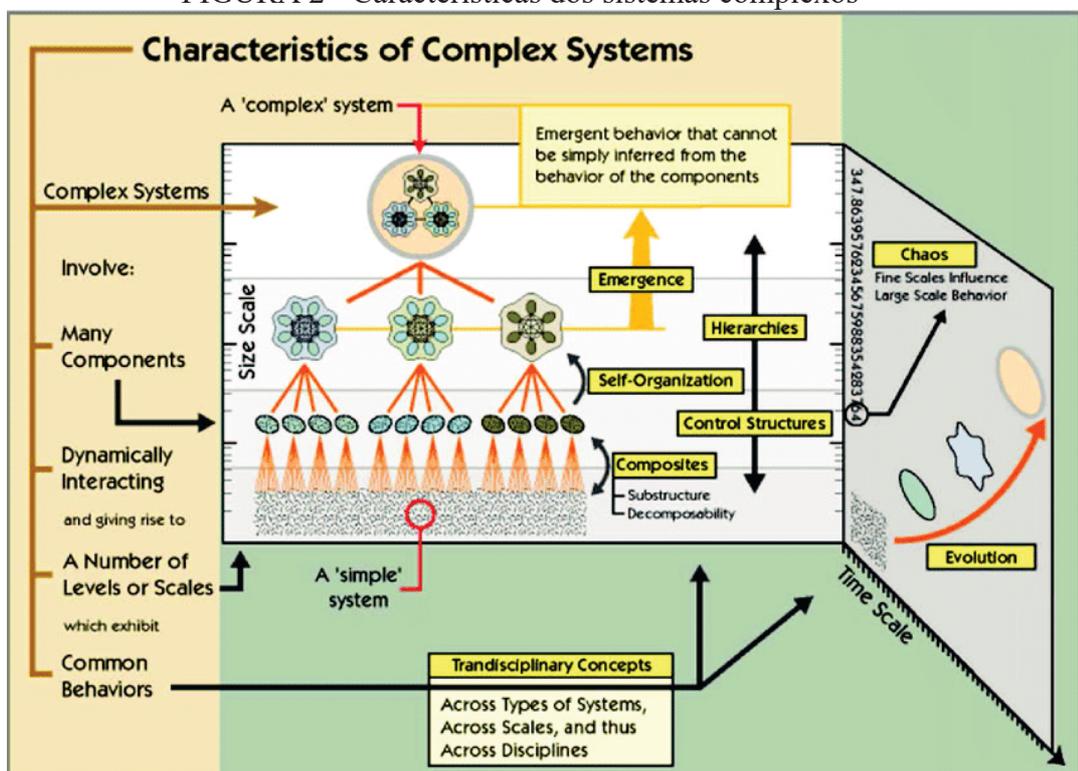
Exemplificando este raciocínio, basta pensar, por exemplo, na qualidade da água da nascente. A qualidade dessa, está intimamente atrelada às propriedades físico-químicas do solo e da rocha, ao clima o qual a nascente se insere, à presença ou não de vegetação em suas margens, ou à presença ou ausência de seres vivos que fazem o uso daquela água ou que exercem qualquer outro tipo de pressão (benéfica ou não) neste ambiente.

Em segundo lugar, deve-se sempre ter em mente que a constante inter-relação dos componentes de um sistema ambiental – neste caso as nascentes- tal como a vigente entrada e saída de matéria e energia do mesmo, engendra novas dinâmicas entre os elementos do sistema. Qualquer situação dentro de um sistema pode ocorrer, como pode simplesmente não ocorrer. Isso explica porque Morin (2015) defende que os sistemas complexos são também dotados de plena autonomia.

Assim, a frequente instabilidade cria oportunidades de movimento no sistema, gerando novas formas de comportamento. Ela é capaz de criar oportunidades de ações, inter-relações e recursões no produzindo novos modos de os sujeitos se relacionarem, subjetivando-os, produzindo modos de existência (ALVES e SEMINOTTI, 2006).

A Figura 2 caracteriza o sistema complexo, evidenciando o funcionamento e a sua dinâmica.

FIGURA 2 - Características dos sistemas complexos



Fonte: Kuznetsova (2014)

Observação: Características dos Sistemas Complexos. Um sistema "complexo" Comportamento emergente que não pode ser simplesmente suposto por meio do comportamento dos componentes.

Da esquerda para direita: Sistemas complexos envolvem: muitos componentes; interagindo dinamicamente e aumentando o número de níveis ou de escalas; que exibem comportamentos comuns – Concepções transdisciplinares através dos tipos de sistemas, através das escalas, e portanto, através das disciplinas.

Dessa forma, trazendo esta problemática para a realidade deste trabalho, assume-se aqui que o comportamento instável e autônomo do sistema nascente, configura-se como desordenado, imprevisível, desequilibrado e até caótico, como todo sistema complexo.

Contudo, deve-se atentar que se tratando de sistemas complexos, a desordem e o caos os quais esses se encontram, força-os a manter uma vigente organização interna, afim de manter a funcionalidade do sistema, visto toda essa atmosfera caótica. Desta maneira, naturalmente, as nascentes também são dotadas de uma auto-organização, responsável pela sustentação desse sistema, frente às corriqueiras perturbações aleatórias.

Um claro exemplo dessa imprevisibilidade e desequilíbrio do sistema nascente, é ilustrado por Felipe e Magalhães (2013) em nascentes de Belo Horizonte (MG) e posteriormente por Moura *et al* (2015) em nascentes de Juiz de Fora (MG). Ambos os trabalhos procuraram buscar uma relação entre eventos de precipitação e a exfiltração de algumas nascentes. Entretanto, nas duas pesquisas, os autores não conseguiram traçar uma relação clara, concisa e exata, visto que nascentes extremamente próximas, condicionadas a um mesmo contexto geomorfológico, geológico, climatológico e pedológico, apresentavam comportamentos consideravelmente distintos e desordenados.

Fica claro portanto, que cada sistema nascente apresenta uma identidade própria, sustentada pelas trocas constantes de matéria e energia com o ambiente e com os próprios sujeitos do grupo, dos quais recebe a informação necessária para o desenvolvimento de seus processos internos (ALVES e SEMINOTTI, 2006). Dessarte, entende-se que a identidade desse sistema, o define como singular. Portanto, a identidade pode ser compreendida como um fenômeno sistêmico (ALVES e SEMIOTTI, 2006)

2.4 (DES) ORDEM E (DES) EQUILÍBRIO

Como já discutido neste trabalho, as contribuições de Edgar Morin nortearam os princípios e propriedades do paradigma da complexidade, onde o autor sempre faz alusões às noções de ordem e desordem, culminando em um raciocínio de equilíbrio e desequilíbrio. Compreender esses paradoxos, significa compreender também a dinâmica desses sistemas complexos.

Inicia-se este texto ressaltando que quanto mais complexo um sistema o for, maior será a sua capacidade de operar com a desordem (SERVA, 1992). O mesmo autor ainda afirma que os sistemas mais complexos que conhecemos são os que funcionam com a maior quantidade de elementos, interligados e organizados entre si.

Soa-se no mínimo inusitado apresentar em uma mesma assertiva, concepções tão opostas como a de organização e a de desordem. Entretanto, considerar um sistema como organizado não implica, necessariamente, que ele siga uma ordem.

Perpassar diante deste paradoxo de ordem e desordem, faz-se impossível, sem se esbarrar com o paradigma da complexidade. Isso, porque o sistema configura-se sempre como parcialmente indeterminado, visto que “o processo resultante da interação ordem-desordem é pura criação, portanto sua evolução não pode ser totalmente prevista” (SERVA, 1992, p.29).

Morin (1982) adentra mais afundo nesse paradoxo e afirma que se faz necessário considerar que sempre por trás da ordem e da organização, existe a desordem carregada de incerteza. Dessa forma, ainda para o autor, a organização não pode se reduzir à ordem, embora a comporte e a produza. Em outras palavras, por um lado a desordem coopera na geração da ordem organizacional e por outro ela ameaça a ordem com a desintegração, seja por fatores externos ou internos.

Em linhas gerais, a organização cria a ordem e a desordem. Ou seja, cria ordem, criando seu próprio determinismo sistêmico que pode ser flexível, comportar suas zonas de aleatoriedade, ao mesmo tempo em que cria desordem, produzindo a desordem, traduzida aqui como o aumento da entropia (MORIN, 1999).

Ainda para o mesmo autor,

Nas organizações, a presença e a produção permanente da desordem (degradação, degenerescência) são inseparáveis da própria organização. O paradigma da organização comporta, portanto, nesse plano, igualmente uma reforma do pensamento; doravante, a explicação já não deve expulsar a desordem, já não deve ocultar a organização, mas deve conceber sempre a complexidade da relação organização desordem ordem (MORIN, 1999, p.267)

Outro ponto que se deve aqui salientar, é que a organização também pode ser compreendida como transformação e formação. A transformação é tida como a forma pelo qual as partes de um todo perdem qualidades e adquirem outras novas. A transformação da diversidade desordenada em diversidade organizada é a transformação da desordem em ordem (MORIN, 1999).

Dando prosseguimento com os paradoxos que abarcam o paradigma da complexidade, Morin (2015) discute que estudar os sistemas abertos (e complexos), deve-se atentar para o fato de que eles desencadeiam uma nova concepção de equilíbrio e desequilíbrio e que essa, está além da concepção de uma e de outra, mas de certa forma, abarcando ambas. Isso se deve ao fato de que em um sistema aberto e complexo, as leis de organização não são de equilíbrio e sim de desequilíbrio, recuperado ou compensado, de dinamismo estabilizado.

Morin (2015) ainda explica que um sistema fechado está sempre em equilíbrio, visto que as trocas de matéria e energia com variáveis exteriores são nulas. Isso, porque o desequilíbrio está, justamente, no fluxo energético externo que alimenta o sistema. Sem esse fluxo, há a desordem organizacional, acarretando no definhamento do sistema.

Em outras palavras, “o desequilíbrio alimentador permite ao sistema manter-se em aparente equilíbrio [...] e esse aparente equilíbrio só se degradará se for deixado entregue a si mesmo, isto é, se houver fechamento do sistema” (MORIN, 2015, p.21).

Ademais, Vale (2012) também complementa que graças às contínuas modificações nas dinâmicas e estruturas dos sistemas, oriundas das vigentes transferências de matéria e energia para os mesmos, o estado de equilíbrio é um estado praticamente impossível de ser alcançado em qualquer sistema natural, visto que que todos eles estão submetidos às sucessivas transformações ambientais de diferentes escalas espaciais e temporais.

Visto isso, pode-se perceber que o funcionamento de um sistema complexo é sustentado por relações antagônicas simultâneas de ordem e desordem, equilíbrio e desequilíbrio, que dialogam entre si, criando uma relação de interdependência. Portanto, a desordem de um sistema só é mantida devido a organização interna do mesmo, da mesma forma que o equilíbrio dos elementos organizados só existe, devido ao estado de desequilíbrio o qual o sistema se encontra.

2.5 A QUALIDADE AMBIENTAL DE NASCENTES

Observa-se, claramente, certa dificuldade em encontrar trabalhos acadêmicos que direcionem e contribuam de forma efetiva para a conceituação de qualidade ambiental. Tendo em vista que muitos são os conceitos que norteiam os estudos ambientais, e neste caso, os estudos de qualidade ambiental, afim de compreender esse conceito tão pouco abordado, acredita-se que seja de grande valia, perpassar por alguns conceitos que auxiliam no entendimento do que é a qualidade ambiental (das nascentes).

É pertinente começar essa discussão pelo conceito de meio ambiente, que nem sempre é entendido com clareza. Segundo a legislação que institui a Política Nacional de Meio Ambiente, o conceito de meio ambiente consta no artigo 3º da lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, e decreta que “[...] para os fins previstos nesta Lei, entende-se por: I - meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. Já a norma ISO 14001:2004 apresenta um conceito mais simples definindo meio ambiente como a “circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo-se ar, água, solo, recursos naturais, flora fauna, seres humanos e suas inter-relações”.

Aparte do âmbito legal, considera-se que a definição de “ambiente” foi oriunda das contribuições de Tansley (1935), ao propor o conceito de ecossistema, que focava na análise da relação organismo-meio (AMORIM, 2012).

Considera-se o ambiente como o produto das relações Sociedade x Natureza. Anteriormente às abordagens ecossistêmicas e geossistêmicas, o conceito de ambiente era considerado apenas como tudo que se referia aos aspectos naturais. Já no atual contexto, esse conceito ganha outras perspectivas de análise (AMORIM, 2012).

Na visão contemporânea, as condições, circunstâncias e influências sob as quais existe uma organização ou um sistema, podem ser afetados ou descritos pelos aspectos físicos, químicos e biológicos, tanto naturais como construídos pelo homem. Desta maneira, o ambiente é comumente usado para referir-se às circunstâncias nas quais vive o homem (CHRISTOFOLLETI, 1999). Além disso, Cavalcanti e Rodriguez (1997) ressaltam que o homem não só habita o meio, como também o modifica.

Para Cavalcanti e Rodriguez (1997), o ambiente como conceito apresenta as seguintes características: I) deve, necessariamente, intervir na complexidade, pela amplitude no campo dos fenômenos que ocorrem e pela natureza não linear das inter-relações; II) deve ser multicêntrico, devido a troca de conteúdo em dependência do objeto central em função do qual é analisado; III) deve apresentar resposta a diferentes níveis de organização e a diferentes graus de complexidade dos objetos na análise de uma multiplicidade de escalas de espaço e tempo.

Uma vez que se entende o que é meio ambiente, o próximo passo é compreender o impacto ambiental. A definição legal que consta na Resolução CONAMA nº 001 de 1986 atesta que:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem: I - a saúde, a segurança e o

bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; IV - a qualidade dos recursos ambientais.

Já Sánchez (2013, p.34) o define como “[...] alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada pela ação humana”. O autor também considera que o que causa o impacto são as ações humanas, sejam elas coletivas, como de empresas, ou individuais. Deve-se ressaltar ainda, que segundo Sánchez (2013), deve-se atentar para o fato de que existe a possibilidade de ocorrerem impactos ambientais positivos.

Como observado em ambas conceituações acima apresentadas, fenômenos independentes das ações humanas como terremotos, erupções vulcânicas, tornados, furacões, entre outros, ainda que acarretem grandes destruições, não seriam causadores de impacto ambiental (MENDES, 2018). Todavia, a harmonia ou ordenamento dos sistemas ambientais vão muito além da visão utilitarista e casuística da relação homem-natureza. Ou seja, “um ambiente pode ou não cumprir suas “funções” independentemente de sua integridade do ponto de vista teórico. Nesse sentido, emerge o conceito de degradação ambiental” (MENDES, 2018, p38).

Para Girão e Corrêa (2004), a degradação adentra os estudos dos geógrafos físicos, à medida que esses percebem a necessidade de buscar a compreensão acerca das formas e processos derivados da atuação da sociedade a interferir nos mecanismos da dinâmica natural.

A degradação ambiental é um termo que carrega uma conotação negativa, estando diretamente atrelada à deterioração da qualidade ambiental (SANCHEZ, 2013). Consultando a legislação brasileira, consta no artigo 3º da lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que a degradação ambiental deve ser entendida como “- degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente”. Percebe-se que ainda que esse conceito evidencie seu caráter negativo, não fica evidente quem é o causador, que pode ser “[...] o ser humano em si, uma consequência de uma atividade humana ou um fenômeno da natureza, como um raio que atinge determinada floresta e acaba por destruir a mesma por meio de um incêndio” (MENEGUZZO e CHAICOUSKI, 2010, p. 183).

De acordo com Mendes (2018) não existe consenso entre os autores sobre o causador da degradação, alguns consideram apenas o homem como o causador, e outros consideram o ser humano e os fenômenos naturais. Contudo é notório que existe uma consonância em relação à conotação negativa do termo.

Ademais, deve-se considerar que um ambiente degradado, pode assim estar, por intermédio de ações pretéritas, que engendraram intercorrências negativas nas relações de

troca de matéria e energia do sistema. Se em um determinado momento os possíveis impactos de atividades humanas foram negligenciados, mal dimensionados ou mal interpretados, nota-se a perda da qualidade do ambiente, culminando em um dano ambiental (MENDES, 2018).

Uma vez que compreende-se a degradação ambiental, parte-se então para o conceito de dano ambiental. Leite e Ayala (2003), definem o dano ambiental e ressaltam que esse constitui uma expressão ambivalente, que significa I) alterações nocivas ao meio ambiente ou II) os efeitos que tal alteração provoca na saúde das pessoas e em seus interesses. Desta maneira, para os mesmos autores, dano ambiental pode significar, uma alteração indesejável ao conjunto de elementos do meio ambiente, como, por exemplo, a poluição atmosférica. Dessa forma, o dano ambiental seria entendido como uma lesão ao direito fundamental que todos têm de aproveitar um meio ambiente apropriado. Contudo, em uma segunda conceituação, dano ambiental abarca os efeitos que essa modificação gera na saúde das pessoas e seus interesses (LEITE e AYALA, 2003).

Araújo (2006) também corrobora com a conceituação de dano ambiental e considera esse, como as mais diversas lesões ao meio ambiente, sejam elas causadas por pessoas físicas ou jurídicas, e que esse dano altera de forma negativa o meio ambiente. O autor constatou alguns exemplos de danos ambientais e/ou ameaças, tais como: a poluição sonora, lesão ao ecossistema natural como danos a fauna, flora, poluição hídrica, poluição atmosférica e lesão ao patrimônio cultural de valores histórico, paisagístico e urbanístico. Assim, percebe-se que a conceituação do dano ambiental é bastante complexa. Sua definição engloba o que altera negativamente o meio ambiente e também os efeitos que essas alterações causam na vida das pessoas. Evidencia-se, portanto, que o dano ambiental é causado pelos seres humanos, seja por meio de grandes corporações, ou, em menor medida, por atitudes individuais (MENDES, 2018).

Visto isso, uma vez que abordados os conceitos de meio ambiente, impacto ambiental, degradação ambiental e dano ambiental, pode-se afirmar que, ainda que abarquem definições diferentes, todos os conceitos descrevem eventos capazes de comprometer a qualidade do ambiente. Desta maneira, inicia-se aqui uma discussão a respeito da qualidade ambiental propriamente dita.

Vighi, Finizio e Villa (2006) buscam traçar uma evolução acerca da concepção de qualidade ambiental. Segundo os autores, na década de 70, viu-se a necessidade de se desenvolver um critério de qualidade para a proteção dos recursos ambientais. Este debate foi levantado primeiramente nos Estados Unidos e na Europa. Contudo, é possível de se perceber uma visão bastante utilitarista, reducionista e simplista, visto que esse critério de qualidade

ambiental foi definido como “Critério de qualidade da água” (CQA), desenvolvido nos Estados Unidos, em 1974, pela Agência de Proteção Ambiental, também chamada de “Red Book”.

Este critério foi proposto considerando apenas a presença dos contaminantes mais expressivos na água, tal como as características físicas da mesma, e sua única preocupação era referente aos usos da água voltados para dessedentação, balneabilidade, pesca, agricultura e usos industriais (VIGHI, FINIZIO e VILLA, 2006).

Alguns anos depois, esta concepção, totalmente voltada para o uso e a qualidade da água, foi modificada pela Comissão Consultiva Europeia de Pesca Interior, onde o “Critério de Qualidade da Água” passou a ser entendido como:

O CQA deve, idealmente, permitir que todas as fases do ciclo da vida dos peixes sejam completadas com sucesso; não se deve produzir condições que contaminem os peixes; deve-se evitar o uso de partes do corpo hídrico onde os peixes estarão presentes em condições naturais e não se deve produzir uma bioacumulação de substâncias perigosas a um nível que pode ser prejudicial se consumido. Consequências indiretas como danos aos organismos que servem de alimento para os peixes também deverão ser levados em conta (VIGHI, FINIZIO e VILLA, 2006, p.9, tradução nossa).

Ainda que algumas mudanças tenham sido feitas, percebe-se que ambos os critérios apresentados são voltados única e exclusivamente para a proteção da qualidade da água, visando apenas o uso da mesma pelo ser humano. Dessa forma, em 1994, o Comitê Científico Europeu de Toxicidade e Ecotoxicidade propôs um novo critério para qualidade, denominado “Objetivo de Qualidade Ambiental”:

O objetivo de qualidade ambiental refere-se ao nível ou concentração de parâmetros físico ou químicos ou de potencial contaminante, que devem garantir a proteção das comunidades biológicas e dos ecossistemas naturais. Em particular, o objetivo de qualidade ambiental: I) deve permitir que todas as fases de diferentes organismos aquáticos sejam completadas com sucesso; II) não deve produzir condições que evitem parte do habitat onde estes organismos estariam presentes em condições naturais; III) não deve produzir bioacumulação de substâncias que podem ser perigosas para a biota (incluindo o homem), para a cadeia trófica ou outros; IV) não deve produzir condições capazes de alterar a estrutura e funções do ecossistema aquático (VIGHI, FINIZIO e VILLA, 2006, p.9, tradução nossa).

Percebe-se a partir do Objetivo de Qualidade Ambiental, um rompimento com a visão utilitarista da água, que a enxerga apenas como um recurso a ser usufruído pelo homem. Também nota-se que não só a água é levada em conta e sim a biota. Vighi, Finizio e Villa (2006) ressaltam que essa nova definição de qualidade ambiental representa uma mudança substancial, uma vez que enfatiza a necessidade de proteção das comunidades aquáticas e não

se concentra apenas nos propósitos do homem. Além disso, essa nova definição traz pela primeira vez algumas concepções ecológicas atreladas à estrutura e função do ecossistema.

Entretanto, os autores afirmam que essa definição não se desprende totalmente das anteriores, uma vez que ela carrega um embasamento químico bastante significativo, já que a qualidade do ambiente aquático é avaliada em função dos parâmetros químicos ou físicos estarem acima ou abaixo do ideal.

Já nos anos 2000, a Diretiva Europeia de estrutura aquática, supera a definição de 1994, referente ao Objetivo de Qualidade Ambiental, pois assume que os efeitos ecológicos devem ganhar destaque ao invés de apenas levar-se em conta os agentes químico e físicos com potencial para engendrar efeitos adversos à biota (VIGHI, FINIZIO e VILLA, 2006). Dessarte, um corpo hídrico é um bem ambiental a ser protegido e não um recurso a ser explorado, e a qualidade biológico-ecológica assume um papel preponderante.

Desta maneira, ainda segundo os autores, conclui-se que a Diretiva Europeia de estrutura aquática propõe, que a caracterização da qualidade ambiental, deve estar em acordo com as definições de estado ecológico dos corpos hídricos, tais como rios, lagos, águas costeiras, etc. Assim, o “objetivo” da qualidade ambiental seria voltado para um status ecológico e não apenas para a concentração química de elementos em um determinado curso d’água. Ademais, esse status ecológico não deve ser entendido somente como a consequência de um efeito de um fator individual, pois esse status depende de uma série de fatores “estressantes” que podem comprometer a qualidade ambiental.

Considerando-se as modificações que a concepção de qualidade ambiental sofreu desde a década de 70 até o começo dos anos 2000, deve-se ressaltar um significativo avanço em relação à óptica utilitarista e mercantilista, a qual a água era abordada. As primeiras concepções visavam, claramente, apenas os usos da água para o ser humano. Posteriormente, as concepções mais modernas foram se afastando da ideia da água como mercadoria e de bem único e exclusivo do ser humano. Nota-se, facilmente, essa mudança quando a qualidade ambiental passa a considerar a integridade e a harmonia do corpo hídrico e da biota que ali habita.

Entretanto, esta concepção ainda se mostra bastante reducionista e simplista. A todo o momento, a qualidade ambiental é reduzida única e exclusivamente à qualidade da água, como se apenas a qualidade dessa, fosse suficiente para traduzir a qualidade de todo o ambiente. Esse equívoco deve ser contido ao se estudar a qualidade ambiental das nascentes, uma vez que o pesquisador deve atentar-se para a significativa diferença entre as concepções de qualidade ambiental da nascente e de qualidade da água e nunca considera-las como

sinônimos. Deste modo, enxerga-se aqui, um ponto de partida para começar a se pensar em uma qualidade ambiental não linear, seguindo os preceitos da abordagem sistêmica.

Portanto, ainda que sejam considerados os conceitos supracitados que orientam o entendimento de qualidade ambiental, ainda sim, constata-se uma grande carência de trabalhos que busquem abordar a qualidade ambiental sob uma conjuntura sistêmica, tal como um grande hiato em estudos que busquem estudar a qualidade ambiental de nascentes em específico. É diante deste contexto, que este trabalho entende a necessidade de se adentrar, na medida do possível, em uma discussão em relação à qualidade ambiental das nascentes.

Primeiramente, a fim de que se possa entender a qualidade ambiental (das nascentes), julga-se necessário ter em mente dois questionamentos: I) Qualidade ambiental para que? II) E para quem? Ou seja, o mesmo sistema ambiental pode apresentar uma ótima ou uma péssima qualidade, tudo dependerá da finalidade daquele sistema. Uma nascente, por exemplo, pode ter uma vazão extremamente baixa, incapacitando a sua captação de água ou pode apresentar altos índices de determinados parâmetros físico-químicos, nocivos ao ser humano. Isso impossibilitaria o seu uso pelo homem, onde poder-se-ia afirmar que aquela nascente apresenta uma péssima qualidade ambiental. Todavia, caso esse sistema nascente funcione de forma harmônica, sem causar dano algum para a biota que ali vive, já não se pode mais afirmar que a qualidade dessa nascente seja ruim.

Avaliar a qualidade ambiental das nascentes neste trabalho, implica em avaliar a essência das mesmas. Ou seja, a finalidade de se conhecer a qualidade ambiental das nascentes, perpassa pela necessidade de averiguar se essas estão em funcionamento harmônico, e conseqüentemente, se o sistema está íntegro. Não se almeja aqui avaliar a qualidade de nenhuma nascente visando, diretamente, seu uso. A principal preocupação acerca da qualidade ambiental é garantir a dinâmica do sistema ambiental.

Visto isso, busca-se refletir neste trabalho, o que seria então, o conceito de qualidade ambiental, não só para as nascentes, mas para qualquer outro sistema ambiental. De acordo com a Library Association (1994), ao se depararem com a questão “o que é qualidade?”, chegou-se à conclusão que essa é fácil de reconhecer, porém difícil de definir. Segundo Gomes (2004) considera-se a qualidade como algo que afeta a vida das organizações e a nossa vida de uma forma positiva. Um produto é dotado de qualidade se esse cumpre a sua função da forma que desejamos. Ou seja, um serviço tem qualidade se vai de encontro ou se supera as nossas expectativas.

Observa-se, nitidamente, que a grande maioria dos trabalhos que se debruçam diante da seara da qualidade, como por exemplo, Gomes (2004), Seidl e Zannon (2004), Vecchia *et*

al (2005), Kluthcovsk e Takayanagui (2006), Dourado, Oliveira e Santos (2007), abordam-na como qualidade de vida, de produção e de educação, mas não trazem nenhuma abordagem para a área ambiental.

Desta forma, independentemente da área a qual qualidade é estudada, e nítido que todas convergem para um mesmo ponto: todas entendem a qualidade como algo positivo, que se almeja atingir. Baseando-se nesse pressuposto, considerar-se-á a qualidade ambiental como a garantia de uma relação harmônica entre os elementos que constituem um determinado sistema, de modo que seu funcionamento e dinâmica não sejam comprometidos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No intuito de avaliar a qualidade ambiental das nascentes, essa pesquisa antevê a elaboração de um índice, visto que esse instrumento possui grande valor metodológico.

A literatura acadêmica atesta que os índices, independentemente do objeto de estudo, visam converter uma série de dados técnicos em uma informação de linguagem sucinta e inteligível (LOPES, 2012). Além disso, a construção de índices é uma das principais estratégias para agrupar e resumir as informações presentes em um grande número de indicadores, que, isoladas, seriam de difícil interpretação (SOBRAL *et al*, 2011). Ademais, os índices desempenham um papel significativo no auxílio da avaliação da integridade de ecossistemas, na realização de diagnósticos, difusão de informações para a população e pode ser utilizado também como um instrumento de previsão e de tomada de decisões (VARGAS e FERREIRA JUNIOR, 2012), (SICHE, *et al*, 2007).

Siche *et al* (2007) também argumentam que em uma análise superficial, índice e indicador podem, erroneamente, serem tratados como sinônimos. Contudo, sabe-se que a diferença entre ambos está no fato de que um índice é o valor agregado final de todo um procedimento de cálculo onde se utilizam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem, sendo assim, considerado um nível superior da junção de um jogo de indicadores ou variáveis. Ademais, os autores entendem o índice como um valor numérico que representa a interpretação correta da realidade de um sistema simples ou complexo (natural, econômico ou social), utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados.

Em linhas gerais, pode-se afirmar que enquanto o indicador busca indicar e evidenciar um fenômeno, o índice objetiva sinalizar por meio de um valor (medida-síntese) uma relação de contiguidade com o representado e a evolução de uma quantidade em relação a uma referência (SOBRAL, *et al*, 2007).

Deste modo, Magalhães Jr (2014, p.171) define os indicadores como “informações de caráter quantitativo resultantes do cruzamento de pelo menos duas variáveis primárias (informações espaciais, temporais, ambientais, etc)”. O mesmo autor ainda explica que os indicadores são modelos simplificados da realidade, com suficiente competência de clarificar o entendimento de fenômenos, de promover a comunicação entre dados brutos e de adaptar as informações aos interesses e à linguagem dos decisores.

Um indicador requer uma ou mais unidades de medida (como por exemplo tempo, área etc) e, na maioria das vezes, exige padrões para nortear a sua interpretação. Esses

padrões são os valores que indicam os limites onde a ocorrência de um indicador pode ser nociva ou não ao ser humano ou ao ambiente (MAGALHÃES JR, 2014).

A melhor forma de compreender os indicadores, é imagina-los inseridos em uma pirâmide, cuja base é sustentada pelos dados primários e o topo abarca o índice integrado (FIGURA 3).

FIGURA 3 – Pirâmide de informações adaptada de Hammond *et al*, 1995



Fonte: Magalhães Jr (2014)

Tomando-se a pirâmide acima como base, entende-se que para chegar até o índice, algumas etapas devem ser seguidas. Parte-se, primeiramente, de observações em campo, para a coleta de dados, que nesta pesquisa, são chamados de parâmetros. Posteriormente, os parâmetros elencados devem passar por um tratamento estatístico (escolhido pelo pesquisador). Uma vez que forem estatisticamente integrados, os parâmetros passam a serem tomados como indicadores para, futuramente, serem sintetizados e simplificados, afim de comporem um índice (MAGALHÃES, JR, 2014).

Isto posto, para que a construção do índice tomasse forma, foi necessário eleger quais parâmetros de avaliação seriam contemplados. Para tal, utilizou-se o método Delphi, que consiste em uma consulta de um painel de especialistas para temas de difícil consenso. O conceito do método Delphi é um resultado final de um projeto oriundo da *Rand corporation*, realizado na década de 1950, voltado para a utilização da opinião de especialistas (LOPES; LIBÂNIO, 2005). Este estudo objetivou “alcançar o mais significativo consenso de opinião sobre a seleção de uma meta ótima para o sistema industrial dos Estados

Unidos estabelecendo uma estimativa do número de bombas atômicas necessário” (LOPES e LIBÂNIO, 2005, p. 320).

Wright *et al* (2000) afirmam que a escolha do método Delphi deve acontecer em função das características do estudo, tais como a inexistência de dados históricos, a necessidade de abordagem interdisciplinar e as perspectivas de mudanças estruturais no setor. Ademais, de acordo com Linstone *et al* (2002) uma vez que o Delphi é uma técnica que possibilita lidar com problemas complexos, a sua escolha pode ser uma boa alternativa quando se almeja que um grupo de especialistas e pesquisadores colaborem para algum problema mais complexo de pesquisa. Viu-se como bastante oportuno a aderência do método Delphi para esta pesquisa, tendo em vista o caráter multidisciplinar que o mesmo carrega. Uma vez que as nascentes aqui são encaradas como sistemas dotados de multidisciplinaridades, nada mais justo do que se eleger um método que as trate como tal.

Ainda, Lopes e Libânio (2005) ressaltam que esse consenso seria atingido através da aplicação de uma série de questionários heterogêneos, associados aos envios de *feedback*. A partir desta primeira experiência de estudo, o Delphi começou a ser aplicado em uma grande variedade de projetos em diversas áreas. Assim, o projeto *Rand Corporation* (mencionado anteriormente) demonstrou que o método Delphi pode ser utilizado para obter informações importantes para o gerenciamento de complexas questões ambientais.

Deve-se frisar ainda, que as três características primordiais fomentam o método são: o anonimato; a interação e a realimentação controlada; e a resposta do grupo em forma de estatística (ROZADOS, 2015).

Para a aplicação do painel Delphi, o primeiro passo foi selecionar os possíveis parâmetros que iriam compor o mesmo. Esses parâmetros deveriam refletir, da forma mais completa possível, as condições ambientais das nascentes, para posteriormente, viabilizarem a avaliação da qualidade ambiental das mesmas.

Destarte, foram consultadas bibliografias que englobavam temáticas atreladas à qualidade de águas superficiais e subterrâneas (de nascentes e canais fluviais); recuperação, conservação e proteção de nascentes e de áreas degradadas; identificação, caracterização e tipologia de nascentes; estudos de impactos ambientais em nascentes; aplicações de protocolos de avaliação rápida em nascentes e estudos acerca da dinâmica das mesmas.

Ao final das leituras das bibliografias estudadas, foram antepostos 84 parâmetros de qualidade ambiental de nascentes:

- Acidez do solo;
- Acesso de animais domésticos e criações à nascente;
- Amônia na água;
- Áreas degradadas na APP da nascente;
- Áreas degradadas na bacia de contribuição da nascente;
- Arsênio total na água;
- Articulação entre população e entidades de regulação, caso haja qualquer problema em relação à qualidade da água;
- Assoreamento na nascente;
- Capacidade de armazenamento de água do solo;
- Capacidade de infiltração de água do solo;
- Capacidade de troca catiônica do solo;
- Capacidade de troca de íons do solo;
- Carbono orgânico total no solo;
- Classe de solo; Chumbo total na água;
- Chumbo total no solo;
- Cianeto livre na água;
- Cloreto total na água;
- Cloro residual total na água;
- Clorofila na água;
- Coliformes termotolerantes na água;
- Combate e – ou controle de processos erosivos na APP;
- Combate e – ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição;
- Condutividade hidráulica saturada do solo;
- Conhecimento acerca da existência da nascente;
- Contaminação do solo;
- Cor verdadeira da água;
- DBO na água;
- Declividade da bacia de contribuição;
- Densidade do solo;
- Dureza da água;
- Erodibilidade – fragilidade do solo;

- Erosão acelerada na bacia de contribuição;
- Erosividade das chuvas;
- Estabilidade de agregados do solo;
- Estrutura do solo;
- Eutrofização da água;
- Existência de algum cuidador da nascente;
- Existência de programas do governo para averiguar a qualidade da água das nascentes;
- Existência de programas do governo para a proteção das nascentes;
- Existência de projetos de recuperação e – ou conservação das nascentes;
- Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da APP;
- Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da bacia de contribuição;
- Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza a água das nascentes;
- Fenóis na água;
- Fósforo total na água;
- Fósforo total no solo;
- Garantia de informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados a mesma;
- Lixo na APP da nascente;
- Lixo na bacia de contribuição;
- Matéria orgânica do solo;
- Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais na água;
- Mercúrio na água;
- Nitrato na água; Nitrito na água;
- Nitrogênio total na água;
- Nitrogênio total no solo;
- Nitrogênio amoniacal total na água;
- Nível de dificuldade de acesso à nascente;
- OD na água;

- Óleos e graxas na água;
- Pesca não-autorizada na nascente;
- Perfil de curvatura da vertente (côncavo ou convexo);
- Permeabilidade do solo;
- PH da água;
- Plano de curvatura da vertente (convergente ou divergente);
- Plasticidade do solo;
- Pluviosidade total anual;
- Porosidade do solo;
- Presença de organismos macroscópicos que habitam o solo;
- Profundidade do solo;
- Registro de queimadas ao redor da nascente;
- Registro de queimadas na bacia de contribuição;
- Sulfato total na água;
- Sulfeto (H₂S não dissociado) na água;
- Textura do solo;
- Turbidez da água;
- Umidade do solo;
- Usos da água da nascente;
- Usos da água da bacia de contribuição;
- Uso e ocupação da terra na APP da nascente;
- Uso e ocupação da terra na bacia de contribuição;
- Vegetação nativa presente na APP da nascente;
- Vegetação nativa presente na bacia de contribuição.

Uma vez que os parâmetros foram elencados, o segundo passo foi selecionar e contatar os pesquisadores que participariam do painel. Priorizou-se a escolha de especialistas brasileiros de distintas áreas do conhecimento (ciências biológicas, geociências e engenharias), que compunham os programas de pós-graduação de suas respectivas áreas, das maiores universidades públicas do país. Deste modo, foram selecionados um total de 282 painelistas. Ainda, deve-se salientar que dentre os 282 painelistas que compunham a consulta, suas especialidades variaram entre engenheiros ambientais, engenheiros ambientais

especializados em recursos hídricos, engenheiros agrônomos, biólogos (com ênfase em ecologia), geógrafos e geólogos.

A técnica foi dividida em duas grandes etapas: i) a consulta propriamente dita para indicação e recomendação de parâmetros; ii) a verificação dos parâmetros escolhidos e da forma de integração dos mesmos pelos especialistas.

Dentro da primeira etapa – a etapa de consulta aos especialistas- optou-se por dividi-la em duas rodadas. A primeira consistiu no envio dos 84 parâmetros, onde foi pedido aos pesquisadores que atribuíssem uma nota de 1 a 5, visando filtrar os parâmetros mais e menos relevantes para compor o índice. Também foi aberto um espaço para sugestões dos especialistas, para uma possível incorporação de algum outro parâmetro que não constava no painel. Ao final da consulta, 47 painelistas retornaram com suas respectivas respostas e algumas sugestões.

No *software Microsoft Excel* foram tabulados os dados, onde em uma tabela foram dispostos os parâmetros e suas 47 notas atribuídas por cada painalista. Posteriormente, calculou-se as médias e modas das notas de cada parâmetro. Após o cálculo, os parâmetros foram divididos em três classes baseando-se nas médias de suas respectivas notas. A primeira classe, intitulada “parâmetros valorizados” foi composta por aqueles cujas médias variavam de 4 à 5. A segunda classe, nomeada “parâmetros medianos”, englobava os com médias de 3 à 3,9. Por fim, a última classe “parâmetros pouco valorizados” contemplava os parâmetros cujas médias variavam entre 1 e 2,9.

Os parâmetros agrupados na classe “pouco valorizados” foram imediatamente desconsiderados. Já os abarcados pelas outras duas classes, passaram por uma análise minuciosa, no intuito de filtra-los para a segunda rodada do painel. Dessa forma, todos os parâmetros, ainda que valorizados, que apresentassem redundância, inviabilidade ou considerável dificuldade de execução, também foram desconsiderados.

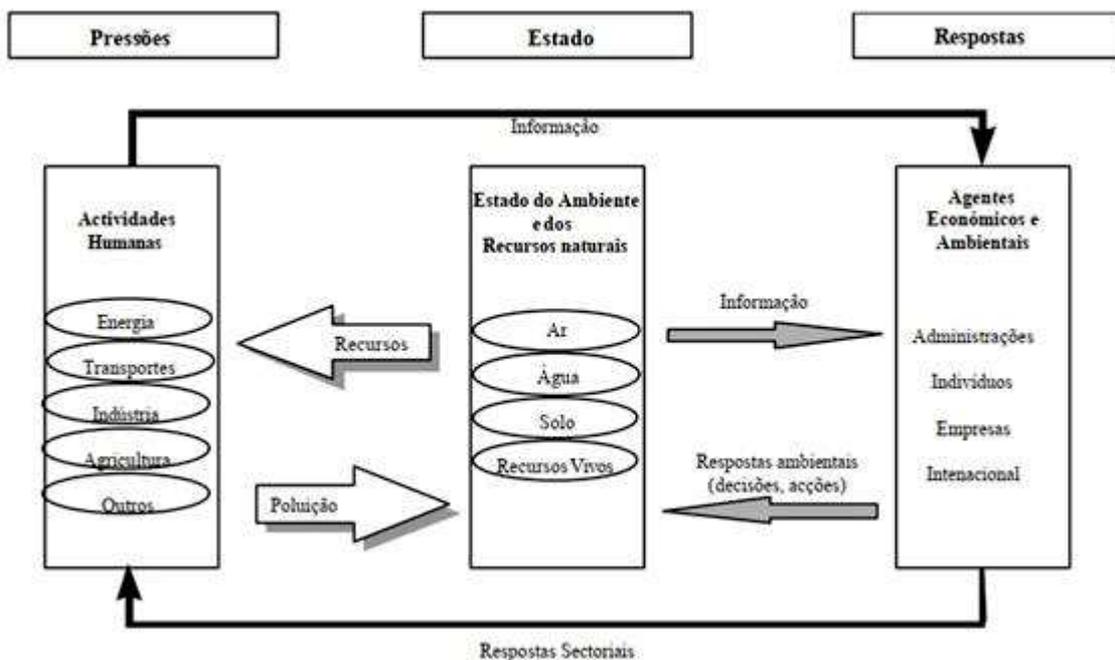
Deve-se ressaltar que ainda que alguns parâmetros tenham sido eliminados, outros foram incorporados seguindo, fielmente, as sugestões levantadas por alguns dos pesquisadores. À vista disso, considerando os excluídos, somados aos sugeridos, ao final da primeira rodada, o painel Delphi contava com 49 parâmetros.

Para a segunda rodada do Delphi, os parâmetros remanescentes foram organizados em quatro categorias: a) parâmetros que refletiam as características estruturais do sistema nascente, atrelados ao reconhecimento e caracterização básica da mesma; b) parâmetros de pressão; c) parâmetros de estado; d) parâmetros de resposta. Essa categorização coadunou com os preceitos do modelo Estado-Pressão-Resposta (E-R-P).

Em linhas gerais, este método P-E-R leva em conta que ações antrópicas desempenham determinadas pressões no meio ambiente, acarretando em possíveis mudanças no estado (condição) do meio ambiente, podendo alterar, negativamente, a qualidade do mesmo. Assim, cabe a sociedade responder a essas mudanças, através de políticas ambientais, econômicas e programas para reduzir ou mitigar danos causados (ARIZA e NETO, 2010); (OCDE, 1993); (RAMOS, 1997).

A figura 4 ilustra a estrutura do método P-E-R, segundo a OCDE.

FIGURA 4 – O método Pressão – Estado – Resposta



Fonte: Ramos (1997)

A respeito dos três grupos-chave que fomentam o método supracitado, deve-se ressaltar que o primeiro deles refere-se ao estado da qualidade do ambiente em um determinado espaço e tempo (ARIZA e NETO, 2010); (RAMOS, 1997). Esses indicadores estatais refletem as condições do ambiente -no caso desta pesquisa, do sistema nascente- bem como a sua resiliência para suportar mudanças como consequência das pressões setoriais. Isso pode incluir indicadores ambientais que expressam presença de lixo nas APP'S ou Bacias de contribuição da nascente; mudanças na qualidade da água da mesma; alterações na integridade da vegetação presente nas APP's ou bacias de contribuição e na qualidade dos solos presentes no sistema nascente.

O segundo grupo, diz respeito às pressões sofridas nas nascentes. Dessa maneira, os indicadores ambientais neste grupo abarcam as atividades que se relacionam com o acesso e uso às nascentes, suas APP's ou bacias de contribuição; presença de processos erosivos ou assoreamento; eutrofização na água, etc.

O último grupo, o referente à resposta, leva em consideração as respostas da sociedade às alterações e preocupações ambientais com o sistema nascente, bem como à adesão a programas e/ou à implementação de medidas em prol das mesmas. Dessarte, podem ser incluídos neste grupo os indicadores de adesão social (como a presença de um cuidador da nascente ou a presença de programas de combate e controle da erosão, ou programas de educação ambiental); indicadores governança e de articulação entre população e entidades governamentais, etc.

Após a breve elucidação acerca método P-E-R, faz-se necessário esclarecer como foi realizada a organização dos parâmetros nas quatro categorias instituídas já mencionadas anteriormente.

Visando uma melhor organização e clareza para os painelistas, os parâmetros que caracterizam as nascentes foram dispostos em um quadro à parte. Assumindo que o entendimento da estrutura do sistema nascente é imprescindível para interpretação da sua qualidade ambiental, todos esses parâmetros comporão um protocolo de caracterização prévia, que acompanhará a metodologia de avaliação da qualidade ambiental, conforme já realizado por Gomes *et al* (2005), Paraguaçu *et al* (2010), Vargas e Ferreira Júnior (2012), Oliveira *et al* (2013) e Moura *et al* (2016) Nesse sentido, eles foram apresentados apenas para validação dos especialistas, não sendo necessária a escolha dentre eles.

Já os parâmetros de Pressão, Estado e Resposta (que se referem, de fato, à qualidade ambiental das nascentes), foram apresentados em três quadros diferentes. Assim, foi pedido que, em cada quadro, cada pesquisador selecionasse os cinco parâmetros que julgasse mais importantes. Foi disposta uma coluna ao lado dos parâmetros, para que os painelistas pudessem selecioná-los.

Nesta segunda rodada, dos 47 formulários enviados, obteve-se um retorno de 26. Novamente, foi feita a tabulação dos dados, onde realizou-se a contagem de quais parâmetros haviam sido escolhidos, para que posteriormente, fosse possível fazer um ranking dos mais selecionados. Deve-se ressaltar que esse ranking foi feito de forma separada para os parâmetros de Pressão, Estado e Resposta.

Visando a compilação dos parâmetros para uma futura análise estatística, concomitantemente à contagem supracitada, os parâmetros foram classificados quanto ao tipo

de indicador (se eram indicadores visuais, por verificação e visualização em campo, por unidades de medida em laboratório, etc) e quanto ao possível tipo de análise estatística exequível para cada um (análise quantitativa, qualitativa e booleana).

Ao longo das etapas de tabulação dos dados e interpretação dos mesmos, foi-se percebendo uma nítida preferência, da parte dos painelistas, por parâmetros qualitativos. Conseqüentemente, ao final do painel Delphi, constatou-se de fato, que a maioria dos parâmetros era de natureza qualitativa. Dessarte, seria mais interessante manter o padrão de parâmetros qualitativos, uma vez que aqueles (poucos) tidos como quantitativos, poderiam, sem muitos devaneios, serem transformados em parâmetros qualitativos.

Ademais, qualificar algo quantitativo é mais simples, visto que são dispostos uma série de métodos para tal. Entretanto, quantificar algo de natureza qualitativa, implica em uma série de abstrações e generalizações.

Ainda que a análise estatística booleana tenha sido previamente cogitada, ela foi descartada, uma vez que informações quantificadas, muitas vezes não comportam as variáveis booleanas de (sim ou não; pertence ou não pertence; está contido ou não está contido). Além disso, a estatística booleana configura-se como abstrata, tradicional e reducionista, sendo incapaz de fornecer para esta pesquisa um espectro confortável de respostas.

Desta forma, concluiu-se que a melhor alternativa para o tratamento estatístico dos dados, seria uma análise estatística qualitativa dos mesmos.

Para tal, primeiramente, foi decidido selecionar os quatro primeiros parâmetros (de estado, pressão e resposta) mais bem votados na segunda rodada. Posteriormente, optou-se pela construção de matrizes qualitativas, bidimensionais, onde os parâmetros foram selecionados dois a dois, por intermédio do cruzamento dos mesmos, seguindo os princípios da análise combinatória.

O uso das matrizes, tanto qualitativas quanto quantitativas vem se tornando bastante corriqueiro e bem sucedido na seara científica, nas mais diversas áreas do conhecimento. Cita-se aqui, alguns exemplos, das muitas pesquisas científicas que utilizaram-se das matrizes para alcançarem seus respectivos objetivos propostos e que, de certa forma, incentivaram a se manter a escolha do uso da matriz qualitativa bidimensional neste trabalho.

Silva *et al* (2011) utilizaram-se da matriz SWOT, para fins estratégicos, a fim de se identificar as forças e fraquezas internas e as ameaças e oportunidades do meio externo de uma determinada empresa, afim de se lograr uma maior vantagem competitiva e melhor desempenho organizacional. Já Costa *et al* (2017) aplicaram a matriz GUT na gestão íntegra de resíduos sólidos da cidade de Recife (PE), no intuito de se priorizar ações de planejamento

e gestão dentro de um conjunto de alternativas. Santos e Tessari (2012) elencaram algumas técnicas quantitativas de otimização de carteiras, aplicadas ao mercado de ações brasileiro, onde matrizes de covariância foi uma das metodologias utilizadas. Freitas *et al* (2007) realizaram uma avaliação quantitativa de impactos ambientais oriundos da colheita florestal em dois módulos, a luz de matrizes de interação. Piekarski e Torkomian (2019) apresentaram metodologias quantitativas para a identificação de clusters industriais, sendo a matriz de coeficiente, uma das metodologias elencadas. Felipe e Magalhães Jr (2009) fizeram uso do cruzamento qualitativo de variáveis ambientais no intuito de classificar as zonas potenciais de recarga de aquíferos de Belo Horizonte.

Por fim, e não menos importante, dos trabalhos consultados acerca dos usos de matrizes, a pesquisa de Ross (1994) foi a que mais auxiliou no entendimento das matrizes como metodologia, bem como foi decisivo na escolha da metodologia. Em seu trabalho, o autor apresenta uma análise empírica da fragilidade de ambientes naturais antropizados. Dessa forma, neste trabalho, na proposta de dissecação do relevo, Ross faz uso de uma matriz, bem como utiliza-se dos preceitos da análise combinatória em seus resultados, para representar suas possíveis variáveis.

A análise combinatória, segundo Morgado *et al* (1991) trata-se de um ramo da matemática que se dedica a analisar estruturas e relações discretas, buscando “1) demonstrar a existência de subconjuntos de elementos de um conjunto finito dado e que satisfazem certas condições e 2) contar ou classificar os subconjuntos de um conjunto finito e que satisfazem condições dadas” (Morgado *et al*, 1991, p. 2).

Em linhas gerais, para Vazquez e Noguti (2004) a análise combinatória permite verificar e expor todas as possibilidades das quais um dado número de objetos pode ser associado e misturado entre si.

Ademais, a Análise Combinatória

Permite quantificar conjuntos ou subconjuntos de objetos ou de situações, selecionados a partir de um conjunto dado, ou seja, a partir de determinadas estratégias ou de determinadas fórmulas, pode-se saber quantos elementos ou quantos eventos são possíveis numa dada situação sem necessariamente ter que contá-los um a um (PESSOA E BORBA, 2009, p. 3).

Os tipos de problemas de Combinatória mais corriqueiros são os que envolvem arranjos, combinações e permutações (LIMA, 2015). Ainda segundo a autora, nos problemas do tipo combinação são selecionados alguns elementos de um conjunto único, onde a ordem

de escolha dos mesmos não consiste em possibilidades dissemelhantes. Portanto, a ordem em que os elementos aparecem não engendrará novas possibilidades.

Em outras palavras, $\{a,b\} = \{b,a\}$, visto que a combinação nada mais é do que um conjunto, portanto, a ordem dos elementos não importa (HAZZAN, 2004).

Ainda sobre a combinação simples, Silva e Barreto Filho (2005) explicam que essas correspondem a todos os agrupamentos simples de p elementos pode formar com n elementos distintos, sendo p menor ou igual a n . Assim, cada um desses agrupamentos se diferencia do outro apenas pela natureza de seus elementos.

Visto isso, cabe aqui clarificar como foi realizado o cruzamento qualitativo dos parâmetros já mencionado anteriormente. Deve-se salientar que ele foi feito de forma sucessiva, onde optou-se por nomeá-los como cruzamentos de primeira, segunda e terceira ordem.

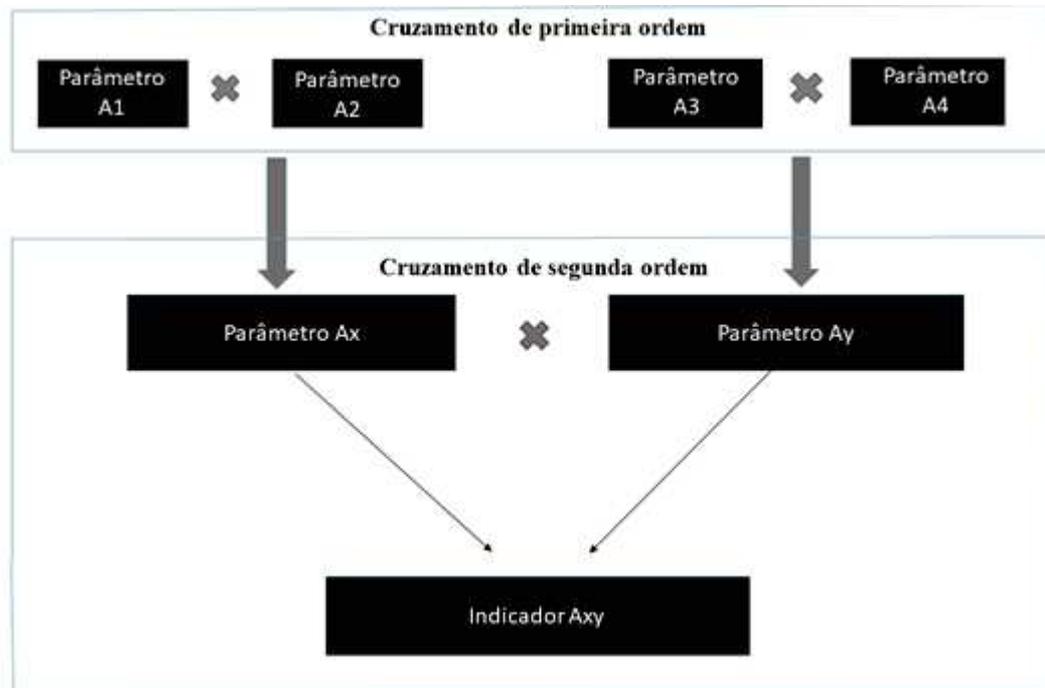
Partindo-se do pressuposto que os quatro parâmetros (em cada uma das classes de Estado, Pressão e Resposta) foram selecionados em pares, foi feito o cruzamento de cada um dos dois pares, separadamente. Dessa forma, ao final do cruzamento, ao invés de quatro parâmetros, tinham-se dois em cada classe. Este processo, foi denominado como cruzamento de primeira ordem.

Posteriormente, esses dois parâmetros remanescentes foram novamente cruzados entre si (cruzamento de segunda ordem), dando origem a um indicador final, tido como o produto final dos cruzamentos. Destaca-se que foi objetivo desta pesquisa buscar realizar, propositalmente, cruzamentos com os parâmetros das mais diversas naturezas possíveis (por exemplo, um parâmetro biológico microscópico com um parâmetro físico macroscópico). Pois, acredita-se, que essa é a melhor maneira de se abarcar, em um indicador final, os aspectos heterogêneos e multidisciplinares do sistema nascente. Contudo, deve-se ressaltar que ainda que os parâmetros fossem de naturezas diferentes eles deveriam comunicar-se em alguma ordem para comporem o indicador final.

Em linhas gerais, a integração dos parâmetros para formar o índice, foi feita a partir da integração de quatro parâmetros, onde eles foram integrados em dois e esses dois foram integrados em apenas um. A última integração disposta, é o indicador.

A figura 5 ilustra os procedimentos supracitados.

FIGURA 5- O cruzamento dos parâmetros subdivididos em primeira, segunda e terceira ordem



Fonte: Elaborado pela autora

Cabe ressaltar que a figura acima não representa o índice propriamente dito, mas cada um dos três indicadores de classe (Pressão, Estado, Resposta). Dessa forma, o procedimento acima, foi realizado uma vez para cada classe de parâmetros, que posteriormente, originaram um indicador.

Como ilustrado na figura acima, os cruzamentos dos parâmetros foram organizados em três etapas. Para o cruzamento de primeira ordem (realizado entre os dois pares previamente selecionados), optou-se por nivelar os resultados deste primeiro cruzamento em três categorias, engendrando três respostas: nível 1, que significava que a nascente estava com uma qualidade ambiental ruim; nível 2, que significava que ela estava com qualidade ambiental média e nível 3, que significava que ela estava com uma boa qualidade ambiental .

O quadro 1 explicita o procedimento supracitado

QUADRO 1 - Cruzamento de primeira ordem: cada par cruzando entre si
Parâmetro A1

Parâmetro A2

		3	2	1
3		3	2	2
2		2	2	1
1		2	1	1

Deve-se ressaltar que o procedimento mostrado no Quadro 2 foi realizado duas vezes, visto que a matriz de entrada dispunha de dois pares de parâmetros. Uma vez que ambos os pares foram cruzados, originou-se apenas um par para ser cruzado entre si. Como ilustrado no quadro, esse seria o cruzamento de segunda ordem.

Para esse cruzamento, decidiu-se nivelar os resultados em três categorias hierárquicas, só que desta vez, originando cinco respostas, ao invés de três. Sobre as cinco respostas, elas foram representadas da seguinte maneira: nível 1: péssimo; nível 2: ruim; nível 3: médio; nível 4: bom; nível 5: excelente. Essa decisão foi tomada em prol de uma maior disponibilidade de classificações para cada indicador. Como consequência, somente os indicadores finais (de Pressão, Estado e Resposta) apresentarão cinco respostas, ainda que em três categorias.

Dessarte, o quadro 4 ilustra como foi realizado o cruzamento de segunda ordem

QUADRO 2 – Cruzamento de segunda ordem: o cruzamento entre os parâmetros do par oriundo do cruzamento de primeira ordem
Parâmetro A1

Parâmetro A2

		3	2	1
3		5	4	3
2		4	3	2
1		3	2	1

Após o cruzamento de segunda ordem, originou-se o indicador final das integrações realizadas. Dessa forma, ao final de todos os cruzamentos, estipulou-se um indicador de pressão, um de estado e um de resposta.

A integração desses três indicadores entre si, como já mencionado anteriormente, foi feita seguindo o raciocínio da análise combinatória, que levou a 35 combinações, explicadas e classificadas da seguinte forma: o indicador final originou cinco níveis de estado, cinco níveis de pressão e cinco níveis de resposta. Cada um desses cinco níveis foram combinados, sem repetições, apresentados na forma de três algarismos justapostos, de forma ordenada, do menor para o maior. Esses três algarismos sempre aparecerão como 1 ou 2 ou 3 ou 4 ou 5.

A Figura 6 demonstra, brevemente, os passos supracitados neste tópico que engloba os procedimentos metodológicos utilizados na elaboração do índice.

FIGURA 6 – Fluxograma de demonstração dos procedimentos metodológicos para a elaboração do índice.

Fonte: elaborado pela autora

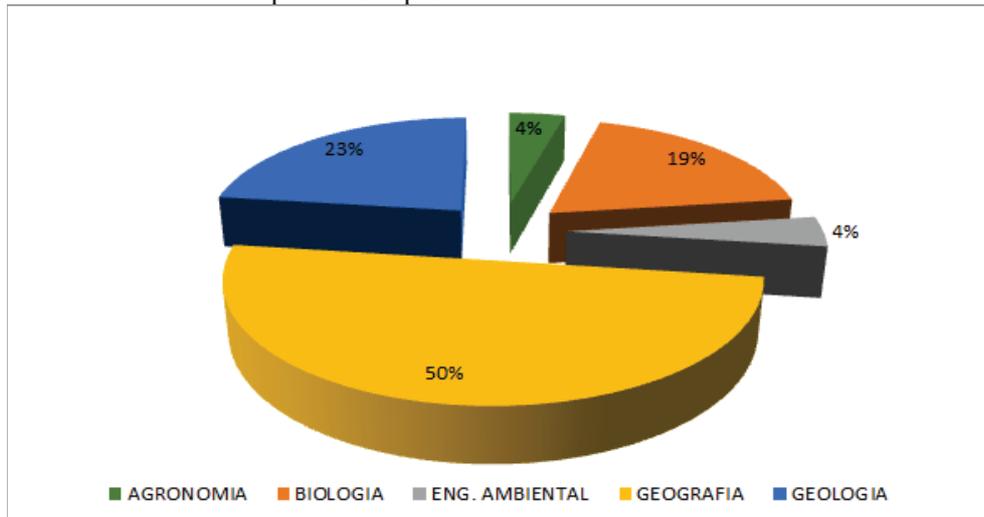
4.RESULTADOS

4.1 INTERPRETAÇÕES DO PAINEL DELPHI

Como já descrito no capítulo anterior, uma vez que foram pré-selecionados os 84 parâmetros a comporem o painel Delphi, o segundo passo foi eleger quais especialistas estariam incumbidos de participar da consulta ao mesmo.

Dos 282 especialistas contatados, foram obtidas respostas de 47 deles. Considerando-se que a formação acadêmica do pesquisador influencia intima e diretamente em suas respostas, este trabalho optou por ressaltar, em linhas gerais, quais são as formações acadêmicas dos especialistas consultados, tal como suas porcentagens, no intuito de se traçar um panorama da quantidade de especialistas de cada área.

GRÁFICO 1- Formação acadêmica dos especialistas que participaram do painel Delphi



Fonte: Elaborado pela autora

Tendo em vista que, na primeira rodada do Delphi, foi solicitado aos pesquisadores que atribuíssem uma nota de 0-5 a cada um dos parâmetros dispostos, o Gráfico 2, representa as médias das notas recebidas de cada parâmetro. Deve-se ressaltar que a tabela completa com cada parâmetro, suas 47 notas recebidas e os cálculos de médias e modas, se encontra disposta como apêndice deste trabalho. Posto isso, no intuito de facilitar a seleção dos parâmetros que perdurariam para a segunda rodada, como já descrito no capítulo anterior, eles foram divididos em três classes, conforme suas respectivas notas. O quadro 3 ilustra os parâmetros e suas classes correspondentes.

QUADRO 3- Parâmetros disponibilizados para consulta classificados de acordo com suas médias alcançadas

Parâmetros Valorizados (Médias de 4 à 5)	Média	Moda	Parâmetros Medianos (Médias de 3 à 3,9)	Média	Moda	Parâmetros Pouco Valorizados (Médias de 1 à 2,9)	Média	Moda
Lixo na bacia de contribuição	4,00	5	Erosividade das chuvas	3,02	4	Plasticidade do solo	2,24	2
Uso e ocupação da terra na bacia de contribuição	4,00	5	Profundidade do solo	3,11	5	Densidade do solo	2,26	2
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza a água das nascentes	4,01	5	Cor verdadeira da água	3,16	5	Capacidade de troca catiônica do solo	2,43	2
Garantia de informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados a mesma	4,02	5	Nível de dificuldade de acesso à nascente	3,20	5	Capacidade de troca de íons do solo	2,46	2
Mercúrio na água	4,02	4	Sulfeto (H ₂ S não dissociado) na água	3,22	4	Perfil de curvatura da vertente (côncavo ou convexo)	2,57	2
Combate e – ou controle	4,04	5	Capacidade de armazenamento	3,24	5	Plano de curvatura da	2,58	3

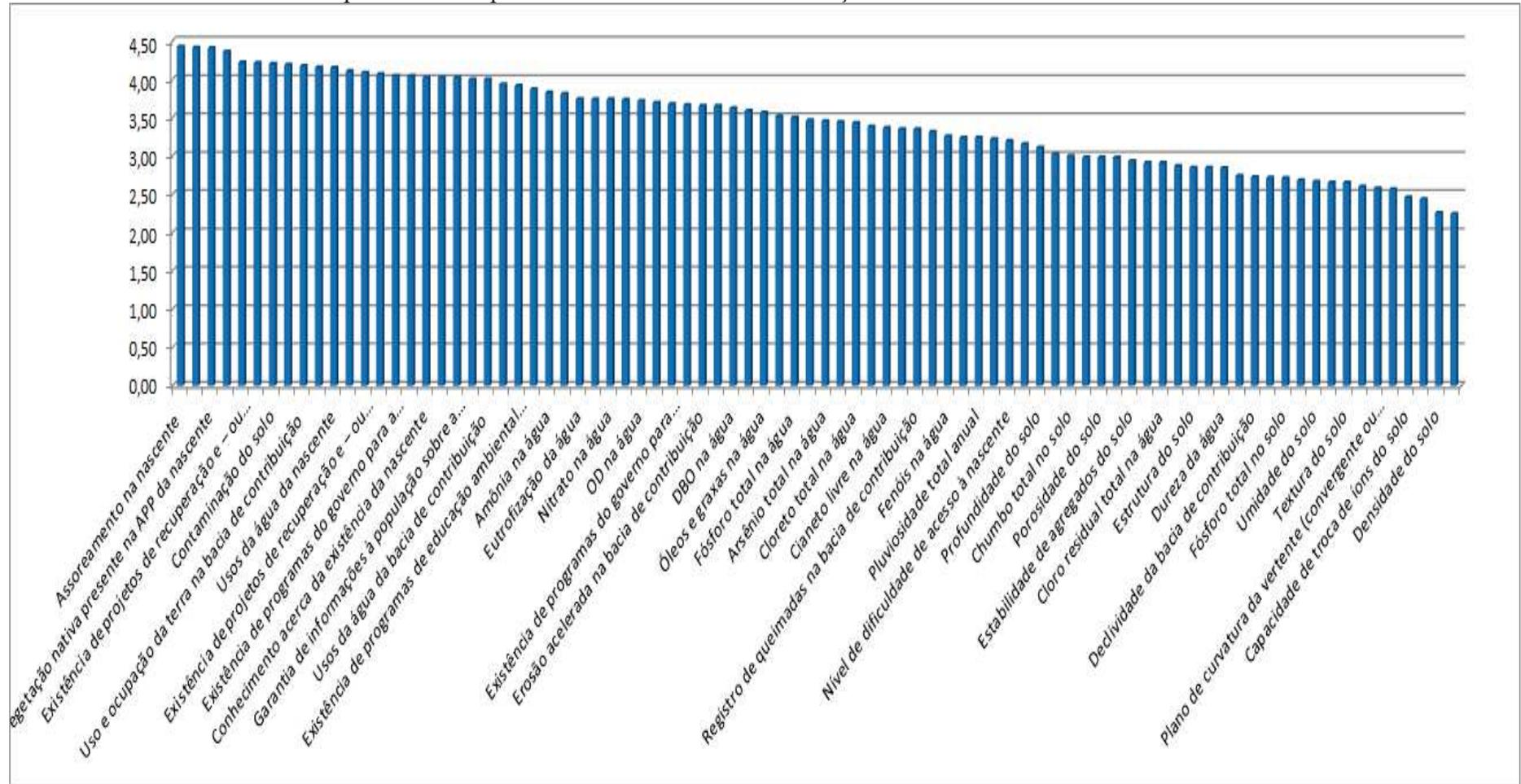
de processos erosivos na APP			de água do solo			vertente (convergente ou divergente)		
Coliformes termotolerantes na água	4,07	4	Pluviosidade total anual	3,24	4	Acidez do solo	2,60	2
Vegetação nativa presente na bacia de contribuição	4,11	5	Fenóis na água	3,26	4	Presença de organismos macroscópicos que habitam o solo	2,65	3
Usos da água da nascente	4,15	5	Sulfato total na água	3,31	4	Umidade do solo	2,67	2
Lixo na APP da nascente	4,19	5	Erodibilidade – fragilidade do solo	3,35	4	Classe de solo	2,68	3
Contaminação do solo	4,20	5	Registro de queimadas na bacia de contribuição	3,35	5	Fósforo total no solo	2,71	2
Acesso de animais domésticos e criações à nascente	4,21	5	Cianeto livre na água	3,36	3	Carbono orgânico total no solo	2,72	2
Áreas degradadas na APP da nascente	4,36	5	Capacidade de infiltração de água do solo	3,38	4	Declividade da bacia de contribuição	2,72	2
Vegetação nativa presente na APP da nascente	4,40	5	Cloreto total na água	3,43	3	Condutividade hidráulica saturada do solo	2,74	2
Assoreamento na nascente	4,43	5	Chumbo total na água	3,44	4	Dureza da água	2,84	2

			Arsênio total na água	3,45	5	Estrutura do solo	2,85	3
			Articulação entre população e entidades de regulação, caso haja qualquer problema em relação à qualidade da água	3,47	4	Matéria orgânica do solo	2,85	2
			Fósforo total na água	3,50	5	Permeabilidade do solo	2,87	3
			Nitrogênio total na água	3,51	4	Cloro residual total na água	2,91	2
			Óleos e graxas na água	3,57	4	Pesca não-autorizada na nascente	2,91	2
			Turbidez da água	3,59	4	Clorofila na água	2,98	3
			Erosão acelerada na bacia de contribuição	3,65	5	Nitrogênio total no solo	2,98	2
			Registro de queimadas ao redor da nascente	3,65	5	Porosidade do solo	2,98	2
			Existência de programas do governo para averiguar a qualidade da água das nascentes	3,67	4	Chumbo total no solo	3,00	3
			Nitrito na água	3,67	3			
			PH da água	3,7	3			
			OD na água	3,72	4			

			Nitrogênio amoniacal total na água	3,73	5			
			Eutrofização da água	3,74	3			
			Existência de algum cuidador da nascente	3,74	3			
			Combate e – ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição	3,81	3			
			Amônia na água	3,83	4			
			Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais na água	3,87	3			
			Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza a água das nascentes	3,91	2			
			Áreas degradadas na bacia de contribuição da nascente	3,94	2			
			Conhecimento acerca da existência da nascente	4,02	3			

Fonte: elaborado pela autora

GRÁFICO 2 - Parâmetros disponibilizados para consulta e suas médias alcançadas



Fonte: elaborado pela autora

Separar os 84 parâmetros em classes, segundo a média de suas pontuações, foi fundamental para a visualização daqueles menos relevantes para compor o índice. Dessa forma, tendo em vista as baixas notas atribuídas aos parâmetros “pouco valorizados”, optou-se por excluí-los para a segunda rodada.

Nota-se, que esses parâmetros estão intimamente ligados à seara da pedologia e da morfometria, sendo possível de se observar uma clara preferência dos especialistas por parâmetros referentes à qualidade da água, de governança e de gestão e planejamento ambiental. Tendo em vista que o objetivo do índice é avaliar a qualidade ambiental de nascentes, já era esperado uma maior prioridade por parâmetros de gestão e planejamento ambiental.

Pode-se levantar a hipótese também de que alguns pesquisadores podem não compreender as nascentes como sistemas ambientais, e sim como o ponto de exfiltração da água subterrânea, priorizando então, os parâmetros relacionados à qualidade da água.

Independentemente da formação acadêmica dos especialistas, aparentemente, todos entendem a importância de parâmetros de governança, especialmente aqueles que envolvem regulamentos, tomadas de decisão, representatividade, estratégias de gestão, acesso às informações, etc.

Ainda visando desconsiderar outros parâmetros menos relevantes a integrar o índice, verificou-se quais deles apresentavam similaridade (mediam, praticamente, o mesmo fator ou fenômeno) ou considerável dificuldade de execução para esta pesquisa (seja pela limitação técnica ou exigência de elevados custos).

Os parâmetros considerados similares foram desconsiderados, exclusivamente, pelo fato de que, por se tratar de um índice heterogêneo, viu-se a necessidade de eliminar parâmetros que poderiam mensurar, direta ou indiretamente a mesma coisa, ou que poderiam englobar determinados parâmetros de alguma forma. Isso, porque era objetivo primordial do índice, abarcar parâmetros das mais diversas naturezas (químicos, físicos, orgânicos, inorgânicos, sociais, etc), sustentando assim, o aspecto multidisciplinar das nascentes.

Os parâmetros julgados similares foram: Cor verdadeira da água, visto que o parâmetro Turbidez também indica erosão e despejos; Pluviosidade total anual, uma vez que seria levado em conta a sazonalidade das nascentes; Amônia na água, Nitrogênio Amoniacal total na água, Nitrato e Nitrito já que o Nitrogênio total na água contempla todos os compostos hidrogenados; Sulfatos e Sulfetos, já que muitos parâmetros já se referiam aos metais pesados, Erosividade das chuvas, pois já existe um parâmetro atrelado aos processos erosivos e Vegetação nativa presente na APP da nascente e Vegetação nativa presente na

bacia de contribuição, visto que os parâmetros “Áreas degradadas” está intimamente ligado a presença ou não de vegetação.

Deve-se ressaltar que ainda que os parâmetros DBO e Eutrofização sejam similares, optou-se por não escolher entre um deles para a próxima rodada do painel. Isso, porque ambos foram muito bem pontuados pelos painelistas, respeitando a avaliação e a opinião dos especialistas.

Já os parâmetros considerados com significativa dificuldade de execução foram: Cianeto, Contaminação do solo, Fenois, Existência de programas do governo para averiguar a qualidade da água das nascentes, Existência de programas do governo para a proteção das nascentes, Existência de projetos de recuperação e – ou conservação das nascentes, Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da APP, Pesca não autorizada, Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da bacia de contribuição.

Deve-se deixar claro que os parâmetros julgados difíceis de serem executados, foram assim considerados, principalmente, pelo fato de se tratar de uma pesquisa de mestrado, o qual o cronograma deveria ser cumprido, o que implicava em realizar as atividades no tempo previsto. A Universidade Federal de Juiz de Fora não contava com determinados recursos para que se fosse possível de se executar a avaliação dos parâmetros supracitados, e os equipamentos disponíveis, encontravam-se em uso por outros pesquisadores. Assim, encontrou-se uma certa dificuldade em se adaptar a disponibilidade dos equipamentos da instituição com o cronograma da pesquisa. Dessa forma, além de ter que buscar tais recursos em outras instituições, ou até mesmo em empresas terceirizadas, haveria a necessidade de se desembolsar valores financeiros inviáveis para a realidade da pesquisa.

Inclusive, se faz expressamente oportuno destacar, que o principal motivo que engendrou a tomada de decisão de se ter retirado os parâmetros de difícil execução, é o fato de que os custos de análise de alguns parâmetros são elementos importantes de serem avaliados em um índice que se pretende democrático e de ampla aplicabilidade.

Ainda que já fosse sabido que alguns parâmetros seriam de difícil execução, eles foram mandados mesmo assim para os painelistas, devido ao caráter exploratório da pesquisa, tendo em vista que não se sabia ao certo qual seria a opinião dos painelistas e tampouco se essas seguiriam um certo padrão ou não. Assim, foi estratégia deste trabalho, selecionar o máximo possível de parâmetros, similares ou não, de difícil execução ou não, para a partir da avaliação dos painelistas, traçar-se um norte para a pesquisa. Ou seja, era necessário elencar tais parâmetros, para se averiguar a posição dos especialistas diante deles. Contudo, como o

índice se constituiria de apenas 3 indicadores finais, excluir os parâmetros mais difíceis, foi a solução encontrada.

Destarte, pode-se observar a exclusão de 43 parâmetros. Entretanto, deve-se ressaltar que foi solicitado aos pesquisadores, que caso houvesse alguma sugestão de acréscimo de parâmetros, eles poderiam fazê-lo. O quadro 4 apresenta os parâmetros sugeridos pelos painelistas e a quantidade de vezes que ele foi solicitado (visto que um parâmetro foi sugerido por mais de um especialista).

QUADRO 4 - Parâmetros sugeridos pelos painelistas e a quantidade de vezes que ele foi solicitado

Parâmetro sugerido	Nº De sugestões	Parâmetro sugerido	Nº De sugestões
Geologia da bacia	2	Presença de afloramento rochoso	1
Distribuição das chuvas ao longo do ano	2	Tipo de rocha	1
Variação de temperatura ao longo do ano	1	Perfil longitudinal do rio	1
Rugosidade das encostas	1	% de adequação à metragem estabelecida para APP legal	1
Descarga fluvial	1	Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) com outorga	1
Instalação de piezômetros	2	Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) sem outorga	1
Monitoramento do nível da água nos piezômetros	2	Enquadramento em Classe Especial (CONAMA 357-2005)	1
Instalação de vertedouro ou calha na nascente	1	Captação direta de água outorgada	1
Monitoramento da vazão da nascente	5	Captação direta de água sem outorga	1
Análise isotópica: água da nascente, da chuva	2	Localização (Categorias: unidade de conservação, propriedade particular ou livre acesso)	1
Distância média de ocupações humanas	1	Nascente cadastrada/Mapeada (em substituição ao “ Conhecimento da existência..”	1
Número de pessoas beneficiadas (uso direto e indireto)	1	Acesso de animais (Categorias: Cercamento, livre)	1
Avaliação da comunidade microfitobentônica	1	Florações algais aparentes (Formação de nata)	1

Produtividade do sistema	1	Regime de fluxo (Perene, intermitente)	1
Número de nascentes na rede fluvial	1	Associação do ponto/zona de exfiltração com feições “erosivas” (voçorocas, cicatrizes de escorregamento, etc.)	2
Número de nascentes em rede fluvial de até 3ª. Ordem	1	Tipo de litologia do aquífero	1
Número de nascentes em rede fluvial de até 4ª. Ordem	1	Forma do topo dos morros e demais compartimentos	1
Número de nascentes em rede fluvial de até 5ª. Ordem	1	Cercamento da nascente para a sua proteção	1
Mapeamento das nascentes com coordenadas geográficas e base cartográfica	1	Hortoflorestal para atender a produção de mudas para plantio nas nascentes	1
Área na nascente ser em Vereda	1	Participação dos proprietários das áreas de nascentes na sua seleção, localização e usos	1
Impermeabilização da Bacia hidrográfica	1	Conexão com os técnicos agrícolas na identificação das nascentes e no contato com os proprietários	1
Densidade de ocupação da Bacia Hidrográfica	1	Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	
Declividade da vertente nas cabeceiras	1		

Fonte: elaborado pela autora

Após a organização das sugestões apresentadas pelos painelistas, foi feito, novamente, um filtro, no intuito de eleger quais delas integrariam o índice.

O parâmetro “área da nascente em vereda” foi considerado um parâmetro não interessante para este índice, visto que a vereda é um geossistema que ocorre em sua maioria no cerrado (CARVALHO, 1991). Então, não seria interessante contemplá-lo, visto sua especificidade regional. Acredita-se que essa sugestão possa ter sido oriunda de uma falha, na elaboração do convite para o painel, onde possivelmente, não ficou claro para o especialista, a necessidade de uma aplicabilidade em todo domínio tropical. Já a “produtividade do sistema”, além de ser um parâmetro bastante subjetivo, ele está intimamente ligado à agricultura, não sendo relevante para se aplicar ao estudo de nascentes.

Os parâmetros “rugosidade das encostas”, “descarga fluvial”, “perfil longitudinal do rio”, “Avaliação da comunidade microfítobentônica”, “Participação dos proprietários das áreas de nascentes na sua seleção, localização e usos”, “impermeabilização da bacia hidrográfica” e “Conexão com os técnicos agrícolas na identificação das nascentes e no contato com os proprietários” foram considerados de considerável inviabilidade ou dificuldade de mensuração para esta pesquisa, sendo também desconsiderados.

Dando continuidade ao estudo de quais parâmetros, sugeridos deveriam ser considerados, observa-se que ainda que a “análise isotópica” tenha sido levantada como um parâmetro, ela é, na verdade, uma técnica hidrogeológica de grande relevância no que diz respeito à investigação e resolução de problemas hidrogeológicos, tais como: origem da contaminação de águas subterrâneas, definição de áreas de recarga, identificação de processos de salinização de águas subterrâneas, entre outros (ANTUNES, 2016). Deste modo, por se tratar de uma técnica e não de um parâmetro ela foi desconsiderada. Outro parâmetro sugerido e não incluído que também se configura como técnica, foi “instalação de vertedouro ou calha na nascente”. Tanto as calhas quanto os vertedouros são dispositivos usados na medição e/ou controle da vazão em escoamento por um canal (COSTA, 2004)

Um instrumento bastante simples e bastante popular na área da geotécnica para o monitoramento do nível freático, são os piezômetros, que podem ser utilizados também para medir a poro-pressão e a condutividade hidráulica do solo, além de identificar o nível freático (FREITAS e SCHIETTI, 2015). Os parâmetros “instalação de piezômetros” e “monitoramento de piezômetros” ainda que tenham sido sugeridos, não foram levados em conta, uma vez que pouquíssimos parâmetros relacionados ao solo foram contemplados.

As “florações algais” alteram drasticamente a quantidade de Oxigênio Dissolvido (OD) na água. Ademais, este parâmetro está ligado à eutrofização dos corpos d’água (FILHO, 2000). Uma vez que OD e Eutrofização já constam na lista dos parâmetros pré selecionados, optou-se por excluí-lo, vista a sua redundância.

Levar em conta o parâmetro “Declividade da vertente nas cabeceiras” implica abarcar a erosão. Visto que já existe um parâmetro referente à erosão, optou-se por desconsiderá-lo.

Outros parâmetros tidos como redundantes foram “Distribuição das chuvas ao longo do ano” pois o parâmetro pluviosidade já havia sido pré estabelecido, “% de adequação à metragem estabelecida para APP legal” já que está intimamente ligado ao parâmetro pré escolhido relacionado à degradação na APP e “Distância média de ocupações humanas”, uma vez que já existia no painel o parâmetro relacionado ao acesso à nascente.

Os parâmetros “forma dos topos de morro”, “Número de nascentes da rede fluvial”, “Variação de temperatura ao longo do ano”, “Hortoflorestal para atender a produção de mudas para plantio nas nascentes”, “enquadramento em classe especial”, “regime de fluxo”, “Mapeamento das nascentes com coordenadas geográficas e base cartográfica” e “Nascente cadastrada/Mapeada” não foram vistos como relevantes o suficiente para integrarem o índice. Inclusive, deve-se ressaltar que os dois últimos, podem ser contemplados no parâmetro já existente, que se refere ao conhecimento acerca da nascente.

Isto posto, após esta breve análise e interpretação dos parâmetros recomendados, concluiu-se que alguns deles deveriam ser considerados, optando-se então por incorporá-los, posteriormente, na segunda rodada do Delphi. Dessarte, as sugestões ponderadas para a segunda rodada, foram:

- “Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente, que abarca o parâmetro “associação do ponto/zona de exfiltração com feições “erosivas” (voçorocas, cicatrizes de escorregamento, etc.)”;
- “Localização (Categorias: unidade de conservação, propriedade particular, ou livre acesso)”;
- “Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) com ou sem outorga” que engloba os parâmetros “Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) com outorga”, “Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) sem outorga”, “Captação direta de água outorgada” e “Captação direta de água sem outorga”;
- “Cercamento da nascente para sua proteção”;
- “Litologia da bacia” que envolveu os parâmetros “Presença de afloramentos rochosos”, “Tipo de rocha” e “Tipo de litologia do aquífero”;
- “Número de pessoas beneficiadas (uso direto e indireto)” que foi reescrito por: “ Usos da água da nascente na APP”
- “Vazão da nascente”.

Desta maneira, ao final da primeira rodada, levando em conta as devidas exclusões e acréscimos, chegou-se em um total de 49 possíveis parâmetros que poderiam vir a compor o índice.

Como já introduzido no capítulo anterior, no avanço para a segunda rodada do Delphi, os 49 parâmetros, foram organizados em quatro categorias: a) parâmetros que refletiam as

características estruturais da nascente, atrelados ao reconhecimento da mesma; b) parâmetros de pressão c) parâmetros de estado e d) parâmetros de resposta. Essa categorização coadunou com os preceitos do modelo P-E-R .

Deve-se ressaltar, que viu-se a necessidade de criar a categoria “parâmetros que refletiam as características estruturais da nascente, atrelados ao reconhecimento da mesma” devido à grande quantidade de parâmetros sugeridos pelos pesquisadores, que não se encaixavam em nenhuma das classes de parâmetros do método Estado-Pressão-Resposta. Ou seja, muitos parâmetros não refletiam as pressões sofridas pelas nascentes, ou o estado o qual elas se encontram, ou quais medidas podem ser tomadas a fim de mitigar os danos causados às nascentes. Na verdade, esses parâmetros expressavam-se apenas como características da mesma.

No quadro 5, estão dispostos os parâmetros de caracterização da nascente. Deve-se atentar ao fato de que os parâmetros que caracterizam as nascentes foram dispostos em uma tabela, apenas para conhecimento dos painelistas, e futuramente, de quem for aplicar o índice. Assumindo que o entendimento da estrutura do sistema nascente é imprescindível para interpretação da sua qualidade ambiental, todos esses parâmetros comporão um protocolo de caracterização prévia, que acompanhará a metodologia de avaliação da qualidade ambiental. Nesse sentido, não foi necessária uma escolha dentre eles.

QUADRO 5 – Parâmetros utilizados para a caracterização da nascente

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DA NASCENTE
• Profundidade do solo
• Tipo de uso e ocupação da terra na APP da nascente
• Tipo de uso e ocupação da terra na bacia de contribuição
• Geologia da bacia de contribuição
• Vazão da nascente
• Declividade do canal de primeira ordem
• Usos da água da nascente
• Morfologia da nascente
• Tipo de exfiltração
• Mobilidade da nascente
• Sazonalidade das nascentes

Fonte: Elaborado pela autora

No quadro 6, tem-se, respectivamente, a representação dos parâmetros considerados de estado, de pressão e de resposta. Deve-se ressaltar que esses foram os parâmetros enviados aos especialistas na segunda rodada do painel Delphi.

QUADRO 6 – Parâmetros de Pressão, Estado e Resposta

PARÂMETROS DE PRESSÃO	PARÂMETROS DE ESTADO	PARÂMETROS DE RESPOSTA
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	Arsênio total na água	Articulação entre população e entidades de regulação
Degradação na APP da nascente	Chumbo total na água	Combate e – ou controle de processos erosivos na APP
Degradação na bacia de contribuição da nascente	Cloreto total na água	Combate e – ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição
Assoreamento na nascente	Coliformes termotolerantes na água	Conhecimento acerca da existência da nascente
Erosão acelerada na bacia de contribuição	DBO na água	Existência de algum cuidador da nascente
Lixo na APP da nascente	Eutrofização da água	Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes
Lixo na bacia de contribuição	Fósforo total na água	Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza a água das nascentes
Nível de dificuldade de acesso à nascente	Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais na água	Garantia de informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados a mesma
Registro de queimadas na APP nascente	Mercurio na água	Cercamento da nascente para a sua proteção
Registro de queimadas na bacia de contribuição	Nitrogênio total na água	Localização (unidade de conservação, propriedade particular ou livre acesso)
Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) com ou sem outorga	OD na água	
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	Óleos e graxas na água	
	PH da água	
	Turbidez da água	
	Percentual de área de vegetação nativa na APP da nascente	
	Percentual de área de vegetação nativa na área da bacia de contribuição	

Fonte: Elaborado pela autora

No envio das tabelas acima, foi pedido a cada painalista que, em cada uma, fosse selecionado os cinco parâmetros que julgassem mais importantes. Foi disponibilizada uma

coluna ao lado dos parâmetros, para que fosse assinalado com um “X” os parâmetros escolhidos.

Na segunda rodada, dos 47 formulários enviados, obteve-se um retorno de 26. Novamente, foi feita a tabulação dos dados, onde realizou-se a contagem de quantos “X” cada parâmetro havia recebido, para que posteriormente, fosse possível fazer um ranking dos mais selecionados. Deve-se ressaltar que esse ranking foi feito de forma separada para os parâmetros de Pressão, Estado e Resposta.

Uma vez que finalizada a disposição dos parâmetros (do mais ao menos votado), optou-se por eleger os quatro parâmetros mais votados de cada categoria. Ou seja, foram selecionados os quatro primeiros parâmetros de Estado, de Pressão e de Resposta. É de suma importância ter-se em mente que o resultado do painel Delphi não é o índice em si. Ele apenas elenca os parâmetros mais importantes para a composição desse.

Tendo em vista que a integração estatística dos parâmetros escolhidos seria realizada através de uma matriz qualitativa bidimensional, que implicaria em trabalhar com os parâmetros em pares, para posteriormente cruzá-los entre si, concluiu-se que a melhor opção para a execução do tratamento estatístico proposto seria lidar com múltiplos de dois. Ou seja, seria aconselhável selecionar ou os dois parâmetros mais votados, ou os quatro, ou os seis e assim sucessivamente.

Entretanto, uma vez que a realização da matriz corrobora com os preceitos da análise combinatória, quanto mais parâmetros selecionados, maior serão as possibilidades de interpretação do índice. Como um dos objetivos do mesmo é avaliar a qualidade de nascentes de forma objetiva, um grande número de variáveis não seria interessante para este trabalho.

Desta maneira, optou-se pelos quatro parâmetros mais votados, tendo em vista a quantidade razoável de possibilidades que essa matriz possibilitaria.

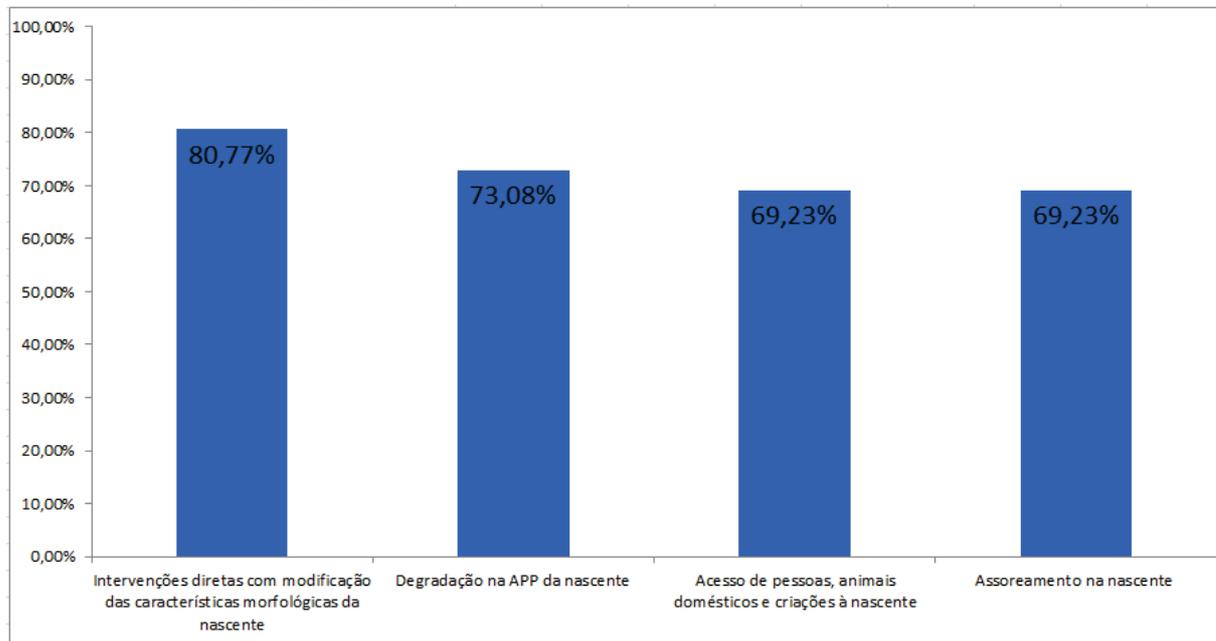
O quadro 7 apresenta os quatro parâmetros selecionados de cada categoria. Deve-se ressaltar que eles estão dispostos em ordem decrescente em relação ao número de votos que receberam. Sendo assim, do primeiro mais votado até o quarto mais votado. Optou-se por evidenciar também, o percentual de inclusão que cada parâmetro obteve.

QUADRO 7 – Os quatro melhores parâmetros elencados com suas respectivas porcentagens de inclusão

Parâmetros de Pressão	% de inclusão	Parâmetros de Estado	% de inclusão	Parâmetros de Resposta	% de inclusão
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	80,77 %	Coliformes termotolerantes na água	84,62%	Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	88,46%
Degradação na APP da nascente	73,08%	Eutrofização da água	57,69%	Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	80,76%
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	69,23%	DBO na água	46,15%	Articulação entre população e entidades de regulação	73,07%
Assoreamento na nascente	69,23%	Óleos e graxas na água	46,15	Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	61,53%

Fonte: Elaborado pela autora

GRÁFICO 3- Os quatro melhores parâmetros de Pressão e suas respectivas porcentagens de inclusão

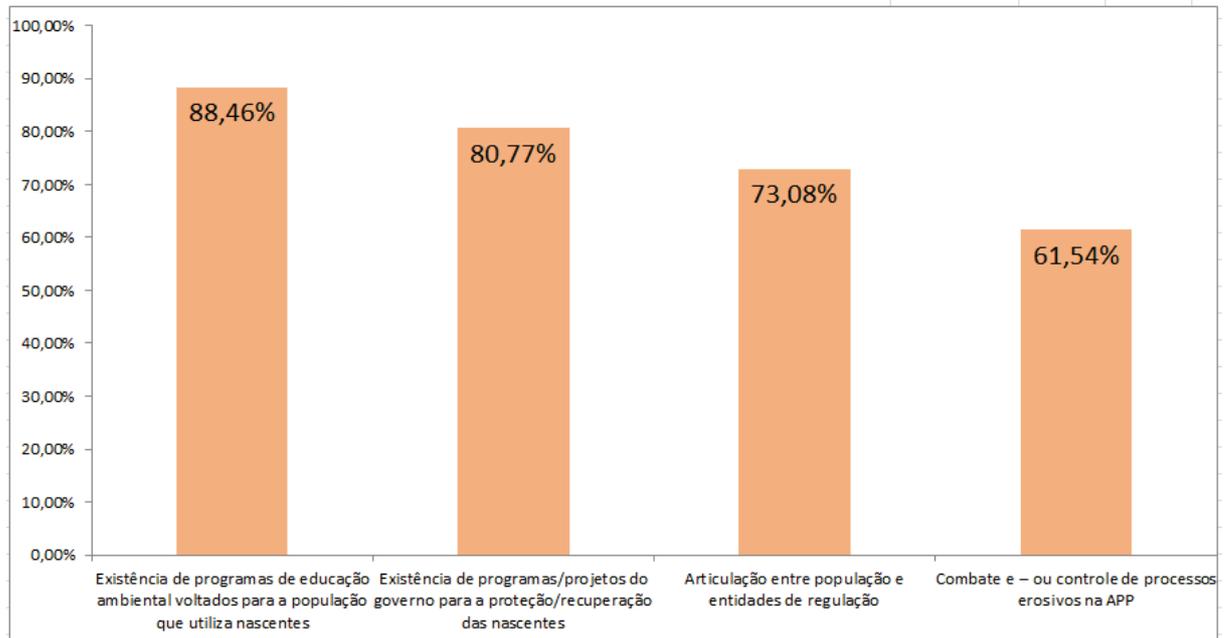


Fonte: Elaborado pela autora

GRÁFICO -4 Os quatro melhores parâmetros de Estado e suas respectivas porcentagens de inclusão

Fonte: Elaborado pela autora

GRÁFICO -5 Os quatro melhores parâmetros de Respostas e suas respectivas porcentagens de inclusão



Fonte: Elaborado pela autora

Sendo assim, ao final da consulta aos especialistas, por meio de duas rodadas, doze parâmetros foram apurados para a composição do índice de qualidade ambiental de nascentes.

4.2 A CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL DE NASCENTES

4.2.1 Os parâmetros que integram o índice

I) Coliformes termotolerantes na água

As denominações ‘coliformes termotolerantes’, ‘coliformes a 45°’ e ‘coliformes de origem fecal’ são equivalentes segundo Nuvolari (2013). Ainda seguindo o raciocínio do mesmo autor, os coliformes termotolerantes são caracterizados por bactérias que se reproduzem ativamente à temperatura de aproximadamente 44,5 °C. A determinação desse parâmetro se é expressa pela contagem de unidades formadoras de colônias (cuj sigla é: UFC) por 100 ml de líquido da amostra (NUVOLARI, 2013).

Os Coliformes Termotolerantes possuem uma resistência igual ou maior do que a grande maioria dos seres patogênicos, além de estarem presentes em grandes quantidades nas fezes humanas bem como dos demais animais de sangue quente. Segundo a resolução CONAMA 357, a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat

exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos. Além disso, tais coliformes apresentam como vantagens o fato de poderem ser facilmente identificados e isolados em amostras d'água, bem como fato das técnicas bacteriológicas para analisá-los serem rápidas e baratas. (DERISIO, 2012, p.52).

Entre os gêneros de bactérias que se encaixam no grupo dos coliformes estão: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Erwinia* (METCALF e EDDY, 2016). Ainda segundo os autores, apesar de englobar todos os gêneros bacterianos citados anteriormente, o parâmetro 'Coliformes Termotolerantes' peca por não conseguir ser capaz de detectar os vírus. Assim sendo, tal parâmetro pode deixar passar ao seu crivo agentes invasores como: o adenovírus, o vírus da hepatite A, o rotavírus, o poliomavírus e tantos outros.

Para o uso da água de classe I, deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Ainda, deve-se atentar ao perigo que os coliformes termotolerantes podem oferecer à saúde humana. De acordo com Yamaguchi *et al* (2013) esses, encontram-se amplamente distribuídos na natureza e propagam-se com maior frequência na água, estando frequentemente chamando a atenção da saúde pública.

Os autores ainda complementam que coliformes termotolerantes estão atrelados a um "elevado número de patologias cujos agentes etiológicos são isolados em laboratórios de microbiologia clínica e diretamente considerados o motivo da maioria das infecções intestinais humanas conhecidas" (YAMAGUCHI *et al*, 2013, p. 315). Além de infecções intestinais, os coliformes podem estar envolvidos ou ter certa participação em outras patologias, como meningites, intoxicações alimentares, infecções urinárias e pneumonias. Infecções causadas por esses organismos são complexas e envolvem múltiplos modos de transmissão. A análise bacteriológica da água é uma importante ferramenta para a determinação da qualidade da água de consumo. As técnicas bacteriológicas são específicas e sensíveis ao micro-organismo patogênico de alimentos e água para consumo humano (YAMAGUCHI *et al*, 2013).

Ainda que a presença dos coliformes termotolerantes seja bem restrita à água, uma vez que se entende a nascente como um sistema ambiental, onde todos os seus elementos estão interconectados entre si, uma água com coliformes, significa uma água com qualidade ruim,

acarretando na perda de qualidade de outros elementos do sistema nascente e consequentemente, ocasionando a perda da qualidade de todo o sistema.

Este parâmetro só poderá ser mensurado em laboratório. Destaca-se aqui algumas das técnicas laboratoriais mais comuns para análise de coliformes termotolerantes: I) a cartela microbiológica Colipaper, que consiste na combinação de dois substratos cromogênicos (Salmon-GAL e X - glicuronídeo) (VILLELA, CALDAS e GAMBA 2010); II) técnica do número mais provável (NMP) também conhecido como método de tubos múltiplos (BUZANELLO *et al.*, 2008); III) a técnica da inoculação das diluições das amostras, utilizando o teste em ágar cristal violeta vermelho neutro bile (VRBA), para, posteriormente, realizar a contagem das colônias (BRASIL, 2017).

Para a técnica do colipaper², sugere-se retirar a cartela microbiológica do plástico que a envolve, tocando apenas acima do picote. Posteriormente, será necessário imergir a cartela microbiológica na nascente a ser analisada até o picote e aguardar umedecer. Deve-se retirar a cartela da amostra e o excesso de água com movimentos bruscos, e em seguida, deve-se recolocar a cartela na embalagem plástica e retirar a parte do picote sem tocar no restante.

O próximo passo consiste em levar à estufa por 15 horas a temperatura de 36 – 37°C. Para coleta em campo, aconselha-se tomar alguns cuidados ao levar a cartela até a estufa: Sugere-se manter a cartela dentro de um saco plástico em uma embalagem de isopor com pouco gelo (evitar congelamento). Após 15 horas de incubação, deve-se realizar a contagem das colônias. Para tal, é necessário considerar os dois lados da cartela e não se deve ultrapassar o tempo de 15 horas para não mancha-la. Por fim, será preciso realizar a contagem manual dos pontos violetas e azuis e multiplicar o n° de colônias pelo fator de correção 80. O resultado será expresso em UFC/100 mL.

O método do NMP³ permite calcular o número de um microorganismo específico numa amostra de água, por meio do uso de tabelas de probabilidade. O método consiste em diluições decimais de amostras inoculadas em séries de tubos contendo meio líquido seletivo.

Os tubos são considerados positivos quando apresentam um crescimento e/ou produção de gás de fermentação. A densidade bacteriana é determinada pela combinação de resultados positivos e negativos numa tabela designada por tabela do NMP.

O método em questão é composto por três testes: Teste Presuntivo; Teste Confirmativo e Teste Completo. O Teste Presuntivo fornece uma estimativa preliminar da

² Instruções disponíveis em: https://drive.google.com/file/d/1OPpzjKB4nK_zG0ATjtC7YRa-nX9zKO4/view

³ A instrução completa deste método pode ser encontrada em: <http://cnc.cj.uc.pt/disciplina/microbiologia/pdfs/NMP.pdf>

densidade do grupo bacteriano baseada no enriquecimento em meio minimamente restritivo. Os resultados deste teste não podem ser usados sem confirmação posterior. O Teste Confirmativo é a segunda fase do NMP. Os tubos considerados positivos no teste anterior são inoculados em tubos de meio mais seletivo e inibidor. As reações positivas são lidas e a densidade calculada com a ajuda da tabela NMP. O Teste Completo é a terceira etapa. É utilizada apenas na determinação do número de coliformes totais. Destaca-se que os tubos positivos do teste anterior são submetidos a testes adicionais para isolamento e identificação dos microorganismos.

Por fim, ao se fazer uso da técnica da inoculação das diluições das amostras, a confirmação da presença de coliformes termotolerantes é feita através da inoculação das colônias suspeitas em caldo EC, seguida da incubação em temperatura seletiva de $45 \pm 0,2^\circ\text{C}$, em banho-maria com agitação ou circulação de água. A presença de gás nos tubos de Durham evidencia a fermentação da lactose presente no meio. O caldo EC apresenta em sua composição uma mistura de fosfatos que lhe confere um poder tamponante impedindo a sua acidificação. A seletividade é devido a presença de sais biliares responsáveis pela inibição de microorganismos Gram positivos (BRASIL, 2017)

Dessa forma, aconselha-se a coleta de água da nascente (preferencialmente em uma garrafa plástica bem lavada e seca) e posteriormente o encaminhamento desta amostra para o laboratório.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver com o protocolo de avaliação em mãos, bem como os resultados da análise do parâmetro Coliformes Termotolerantes, o mesmo deverá ser classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Coliformes Termotolerantes

Coliformes termotolerantes na água	Categorias Hierárquicas		
	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	≥ 100 UFC	1– 100 UFC	0 UFC

Fonte: elaborado pela autora

II) Eutrofização na água

Considera-se a eutrofização como um dos problemas mais importantes de qualidade da água na atualidade (BARRETO *et al* 2013). Já para Smith e Schindler (2009) a eutrofização pode ser encarada como o maior problema da atualidade em corpos de água superficiais

lênticos, sendo um dos exemplos mais visíveis das alterações ocasionadas pelo homem à biosfera. Segundo Macedo e Sipaúba-Tavares (2010), tal fenômeno pode ser natural ou artificial, sendo aquele um processo lento e contínuo, resultante do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais que desgastam e lavam a superfície terrestre. Ainda segundo as autoras, a eutrofização artificial se faz bastante acelerada, devido ao crescimento demográfico, bem como ações consequentes do mesmo.

No Brasil, a maior parte do esgoto bruto (doméstico, industrial e efluentes do sistema de cultivo) é lançado sem tratamento prévio nos cursos d'água. Esses significativos aportes de matéria orgânica e poluentes vem sendo tratados como os principais responsáveis pela eutrofização de ambientes aquáticos, culminando em uma crescente preocupação com o alto grau de poluição em que se encontram os rios e ambientes de água doce (TUNDISI, 2003 apud ZANINI, 2009).

O nitrogênio e o fósforo presentes, naturalmente, nos rios e lagos são nutrientes de suma importância para a cadeia alimentar. Todavia, quando descarregados em altas concentrações em águas superficiais e associados às boas condições de luminosidade acarretam no enriquecimento do meio, fenômeno esse denominado como eutrofização (BARRETO *et al* 2013). Em outras palavras, a eutrofização consiste no aumento excessivo de nutrientes na água, podendo ser causada por drenagem de fertilizantes agrícolas, águas pluviais de cidades, detergentes, resíduos de minas, drenagem de dejetos humanos, entre outros (BARRETO, *et al* 2013).

Smith e Schindler (2009) ainda ressaltam que que a eutrofização é a condição que favorece o desenvolvimento de florações de cianobactérias e microalgas, secundada pelas condições de luz, temperatura e pH convenientes. Além disso, deve-se salientar que dentre os fatores que influenciam a ocorrência da eutrofização, além das altas concentrações de fósforo e nitrogênio supracitadas, pode-se destacar a velocidade da água, a vazão, a turbidez, a profundidade do curso de água, a temperatura, entre outros (LAMPARELLI, 2004).

Barreto *et al* (2013); Smith e Schindler (2009) elencam alguns efeitos, diretos e indiretos, que o aporte excessivo de fósforo e nitrogênio podem causar nos corpos hídricos. São eles: o processo de biodegradação de produtos petroquímicos, hidrocarbonetos aromáticos e pesticidas; Aumento da biomassa bacteriana e, conseqüentemente, um aumento na diversidade de substratos orgânicos; Crescimento de espécies de algas potencialmente tóxicas ou não comestíveis; Crescimento da biomassa de algas bentônicas e epifíticas; Crescimento excessivo de macrófitas aquáticas; Aumento da frequência de mortandade de peixes; Diminuição da biomassa de peixes e moluscos cultiváveis; Redução da diversidade de

espécies; Redução da transparência da água; Diminuição de oxigênio dissolvido (extremamente necessário a vida aquática); Alteração no sabor, no odor, na turbidez e na cor da água e Redução do valor estético do corpo de água e comprometimento das condições mínimas para o lazer na água.

Ainda, Smith e Schindler (2009) destacam a ocorrência de florações de algas, principalmente as cianobactérias potencialmente tóxicas como um dos impactos mais preocupantes da aceleração do processo de eutrofização, uma vez que essas podem alterar a qualidade das águas, sobretudo no que tange ao abastecimento público.

Além disso, a eutrofização também resulta em um aumento nos custos do tratamento da água para abastecimento público devido ao aumento no uso de coagulantes e alcalinizantes para ajuste de pH de coagulação; Uso de polímeros para auxiliar a floculação e evitar a flotação; Redução da eficácia de remoção de flocos na decantação, Aceleração na obstrução do meio filtrante; Redução na duração da cadeia de filtros e aumento no consumo da água de lavagem; Aumento de águas residuárias e maior consumo de cloro tendo em vista a presença de matéria orgânica e amônia, diminuindo a eficiência da desinfecção e aumentando a possibilidade de formação de componentes tóxicos organoclorados, prejudiciais à saúde humana. (RICHTER & NETTO, 2005).

No intuito de se averiguar se a nascente está eutrofizada ou não, e principalmente, o quanto está, deve-se conhecer o estado trófico dessa. Um índice de estado trófico (IET) funciona como um registro das atividades humanas nas bacias hidrográficas, e também oferece subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão de ecossistemas aquáticos (BARRETO *et al* 2013). No IET, os resultados correspondentes ao fósforo total (IET (PT)), devem ser entendidos como medida do potencial de eutrofização, uma vez que esse nutriente atua como agente causador do processo (CETESB, 2009).

A Organization for Economic Cooperation and Development (OECD, 1982) apresentou resultados de um amplo estudo sobre o monitoramento, avaliação e controle da eutrofização de ambientes aquáticos, em que foram estabelecidos os limites para classificação trófica. Entretanto, esse estudo foi feito para as regiões temperadas, que não são o foco desta pesquisa. Deste modo, buscou-se sem Salas e Martino (2001) um modelo trófico simplificado para fósforo, para lagos e reservatórios tropicais da América Latina e Caribe.

Basicamente o estado trófico de um corpo de água pode ser classificado como oligotrófico, mesotrófico e eutrófico. Ambientes oligotróficos são aqueles que apresentam baixas concentrações de nutrientes e baixa produtividade primária. Ambientes mesotróficos demonstram produtividade intermediária, com possíveis implicações acerca da qualidade da

água, porém em níveis aceitáveis na maioria dos casos. Já os ambientes eutróficos apresentam alto nível de produtividade e são ricos em matéria orgânica e elementos minerais (nutrientes), tanto em suspensão quanto na região bentônica (MANSOR, 2005).

Desta forma, Salas e Martino (2001) apresentam a seguinte categorização trófica (Figura 7)

FIGURA 7 - Limites para diferentes categorias tróficas

Categorias tróficas	Média anual de fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Oligotrófico	≤ 28
Mesotrófico	28-72
Eutrófico	≥ 72

Fonte: Salas e Martino (2001)

De acordo com Barreto *et al* (2013) outra forma de se conhecer o nível trófico do corpo hídrico em questão, é através da equação do índice do estado trófico (IET). O índice de estado trófico é composto pelos índices de estado trófico para transparência IET (S), para o fósforo IET (PT) e para a clorofila a IET (Cla), modificados por TOLEDO *et al.*, (1983), representados na Figura 8 pelas equações 1, 2 e 3, respectivamente:

FIGURA 8 - índice de estado trófico composto pelos índices de estado trófico para transparência IET (S), para o fósforo IET (PT) e para a clorofila a IET (Cla)

$$\text{IET (S)} = 10.(6 - (0,64 + \ln S / \ln 2)) \quad \text{Eq 1}$$

$$\text{IET (PT)} = 10.(6 - (\ln 80,32 / \text{PT}) / \ln 2)) \quad \text{Eq 2}$$

$$\text{IET (Cla)} = 10.(6 - (2,04 - 0,695 \ln \text{Cla}) / \ln 2)) \quad \text{Eq 3}$$

Fonte: Salas e Martino (2001)

Onde:

S: Transparência medida pelo disco de Secchi (m)

PT: concentração de fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$)

Cla: concentração de clorofila a ($\mu\text{g L}^{-1}$)

A CETESB normalmente desconsidera o cálculo do índice de transparência, tendo em vista que essa é afetada pela alta turbidez oriunda do material em suspensão, comum em reservatórios e rios (LAMPARELLI, 2004). Portanto a expressão do índice, segundo a CETESB é apresentado na seguinte equação:

$$IET = (IET (PT) + IET (Cla)) / 2$$

Carlson (1977) definiu um índice do estado trófico usando uma transformação linear da transparência pelo disco de Secchi, que avalia a concentração de biomassa algal. O índice pode ser expresso em função das concentrações de fósforo total, medidas em amostras coletadas próximo à superfície da água. Entretanto, o índice foi desenvolvido para regiões temperadas, onde o metabolismo dos ecossistemas aquáticos difere dos encontrados em ambientes tropicais. No intuito de se adaptar uma nova metodologia para condições tropicais, TOLEDO Jr. *et al* (1983), propuseram modificações na metodologia de Carlson, concluindo-se que as versões modificadas do IET eram mais adequadas para determinação do estado trófico, quando comparadas às formas originais (BARRETO *et al* 2013).

Para classificar os níveis tróficos conforme a modificação de Toledo Jr. *et al.*, (1983), foram adotadas as categorias apresentadas na Figura 9.

FIGURA 9 - Valores dos limites das concentrações de fósforo total para os diferentes níveis tróficos, segundo o sistema de classificação proposto por Carlson (1977) e modificado Toledo Jr *et al* (1983)

Estado trófico	Fósforo Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Ponderação	Transparência (m)	Clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
Ultraoligotrófico	$\leq 6,0$	$IET \leq 24$	$\geq 7,8$	$\leq 0,51$
Oligotrófico	7,0 a 26,0	$24 < IET \leq 44$	7,7 – 2,0	0,52 – 3,81
Mesotrófico	27,0 a 52,0	$44 < IET \leq 54$	1,9 – 1,0	3,82 – 10,34
Eutrófico	53,0 a 211,0	$54 < IET \leq 74$	0,9 – 0,3	10,35 – 76,06
Hipereutrófico	$> 211,0$	$IET > 74$	$< 0,3$	$> 76,06$

Fonte: Toledo Jr *et al* (1983)

O IET pode ser calculado através da seguinte equação:

$$IET (PT) = 14,42 \cdot \ln (PT) + 4,15$$

em que:

IET (PT): Índice de estado trófico em relação à variável fósforo total para ambientes lênticos

PT: concentração de fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$)

É objetivo deste trabalho, apresentar diferentes maneiras apresentadas por diferentes autores, de se mensurar a eutrofização na nascente. Cabe ao pesquisador optar pela a mais conveniente para a sua pesquisa. Destaca-se que para esta dissertação, a eutrofização será verificada a luz da quantidade de Fósforo total encontrada na amostra de água.

Para a determinação do fósforo total será preciso realizar, primeiramente, uma digestão e, posteriormente, selecionar um método colorimétrico que se ajuste a gama de concentrações desejada (FERNANDES, 2015). Segundo a mesma autora, quando o fósforo total estiver combinado a matéria orgânica, o método de digestão será capaz de degradar a matéria orgânica libertando o fósforo em forma de ortofosfatos. Assim, Fernandes (2015) elenca três métodos diferentes para a digestão: ácido perclorídrico, ácido sulfúrico e nítrico e oxidação com persulfato.

A digestão com ácido perclorídrico é o método mais drástico e mais demorado sendo indicado para amostras de sedimentos. A utilização da digestão ácida do ácido sulfúrico e nítrico é recomendada para a maioria das amostras. Por último o método de oxidação com persulfato é tido como o mais simples (FERNANDES, 2015).

A autora ressalta que após a digestão, é utilizado um método colorimétrico para a determinação do fósforo. Também são elencados três métodos diferentes para esse procedimento, dependendo da concentração de fósforo na amostra. O método do ácido vanadomolibdofosfórico é utilizado para análises de rotina com uma gama de 1 a 20 mg P/ L (FERNANDES, 2015). O método do cloreto de estanho e do método do ácido ascórbico a gama ideal situa-se entre os 0,01 a 6 mg P/ L (FERNANDES, 2015; CETESB, 2016).

Numa amostra com ortofosfatos, em meio ácido, o molibdato de amônio reage com o fosfato dando origem ao ácido molibdofosfórico (SANTOS *et al* 2007; FERNANDES, 2015). Posteriormente, “com a presença do vanádio origina-se o ácido vanadomolibdofosfórico que apresenta uma coloração amarela. A intensidade da cloração depende da concentração de ortofosfatos presentes” (FERNANDES, 2015, p.7). A autora ainda destaca que este método apresenta algumas interferências que aumentam a sílica e o arseniato e outros interferentes são: fluoreto, tório, bismuto, sulfureto, tiosulfato, tiocianato ou o excesso de molibdato.

É importante salientar que se faz necessário lavar todo o material de vidro com ácido clorídrico (HCl) diluído e posteriormente passa-se por água ultrapura de grau. Deve-se evitar o uso de detergentes comerciais uma vez que apresentam fósforo na sua composição (FERNANDES, 2015).

A análise do parâmetro Fósforo é exclusivamente laboratorial, ficando a cargo do próprio laboratório a escolha do método de mensuração. Uma vez que o pesquisador ou

interessado estiver com o protocolo de avaliação em mãos, bem como os resultados da análise laboratorial do parâmetro Fósforo, sua classificação será:

Classificação do parâmetro Fósforo

Fósforo total na água	Categorias Hierárquicas		
	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	$\geq 72 \mu\text{g L}^{-1}$ (Eutrófico)	28 - 72 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Mesotrófico)	$\leq 28 \mu\text{g L}^{-1}$ (Oligotrófico)

Fonte: Barreto *et al* (2013)

III) DBO na água

A DBO, ou Demanda Bioquímica de Oxigênio é, atualmente, o parâmetro de poluição orgânica mais utilizado universalmente quando se trata da questão de qualidade da água. Tal parâmetro está presente nos Índices de Qualidade da Água das mais diversas companhias e instituições de pesquisa que lidam com tratamento de água no Brasil e no mundo, como por exemplo a National Sanitation Foundation (dos Estados Unidos) e a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) no Brasil (MACHADO, *et al* 2005).

Em linhas gerais, de acordo com Derisio (2012) a DBO consiste em um teste para determinar a quantidade de oxigênio utilizada na oxidação bioquímica da matéria orgânica, em um dado período de tempo, sendo tal teste realizado em laboratório. Para efeitos explicativos, deve-se frisar que tal oxidação supracitada consiste em “um processo de simplificação da matéria orgânica por meio de microorganismos em substâncias mais simples, tais como NH₃, CO₂, H₂O e sais minerais” (DERISIO, 2012, p.46).

Tal parâmetro expressa em miligramas de oxigênio por litro, os gastos para oxidar biologicamente a matéria orgânica presente durante cinco dias a temperatura constante de 20°C (DBO 5,20) (NUVOLARI, 2013). Tomando como base as águas doces de classe I, a resolução CONAMA 357 estipula como ideal a DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂.

Ademais, normalmente, a DBO também é um parâmetro bastante utilizado para determinar a quantidade de OD (Oxigênio Dissolvido) aproximada necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente no corpo hídrico, podendo ainda ser útil para expressar o grau de poluição de compostos orgânicos biodegradáveis, bem como para medir a eficiência de alguns processos de tratamento de esgoto (METCALF e EDDY, 2016).

Dando continuidade ao raciocínio, Valente, Padilha e Silva (1997) explicam que tendo em vista que a demanda bioquímica de oxigênio é utilizada para determinar o nível de

poluição das águas, consideram-se poluídas as águas que apresentam uma baixa concentração de oxigênio dissolvido, portanto, com alta DBO. Isso, porque essa substância é utilizada na decomposição de compostos orgânicos. Dessa forma, as águas não poluídas, por sua vez, apresentam elevadas concentrações de oxigênio dissolvido, e, conseqüentemente, uma baixa DBO.

Ainda para os autores, em estações de tratamento de esgoto, a DBO é um parâmetro utilizado para verificar a eficiência na decomposição de matéria orgânica, pois, se a mesma está elevada, a matéria orgânica está sendo consumida. Dessa forma, quanto maior a quantidade de efluentes lançados em um curso de água, maior será a quantidade de matéria orgânica, o que favorecerá um grande consumo de gás oxigênio (O₂) por parte dos microrganismos, elevando a DBO e prejudicando os seres vivos aeróbios (VALENTE, PADILHA e SILVA, 1997).

Isso porque, ao elevar a DBO, os seres vivos anaeróbios passam a realizar a reação de oxidação dos compostos orgânicos, o que leva à produção de substâncias de odor desagradável, como o ácido sulfídrico (VALENTE, PADILHA e SILVA, 1997).

Como já explicado nos tópicos anteriores referente aos Coliformes Termotolerantes e ao Chumbo na água, esses, assim como a DBO e os óleos de graxas (futuramente descritos), são parâmetros referentes à qualidade da água. Contudo, eles não devem ser considerados como parâmetros que comprometem apenas a qualidade da mesma. A água com alta DBO, pode comprometer outros elementos integrantes do sistema nascente, prejudicando assim a sua qualidade.

Este parâmetro, assim como o Chumbo, também só poderá ser mensurado em laboratório. Dessa forma, aconselha-se o mesmo procedimento de coleta de água da nascente (preferencialmente em uma garrafa plástica bem lavada e seca) e o encaminhamento desta amostra para o laboratório.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver com o protocolo de avaliação em mãos, bem como os resultados da análise do parâmetro DBO na água, o mesmo deverá ser classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro DBO na água

Categorias Hierárquicas			
DBO na água	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	≥5 mg/L O ₂ ;	3 - 5 mg/L O ₂ ;	≤3 mg/L O ₂ ;

Fonte: Adaptado de Resolução CONAMA, n. 357/2005

IV) Óleos e graxas na água

Primeiramente, deve-se frisar que termo ‘Óleos e Graxas’ é a denominação mais recente dada em substituição ao antigo GOG – *Gorduras, óleos e graxas*. O termo anterior, assim como o atual, era comumente utilizado, e incluía óleos, ceras, gorduras, e demais constituintes relacionados a estes encontrados no esgoto (METCALF e EDDY, 2016).

Os Óleos e Graxas são definidos, para Nuvolari (2013, p.225) como “um grupo de substâncias, incluindo gorduras, graxas, ácidos graxos livres, óleos minerais e outros materiais graxos, presentes tanto em águas residuárias quanto águas naturais que receberam lançamentos de efluentes”. Ainda para o mesmo autor, essas substâncias são oriundas das mais diversas fontes poluidoras, como por exemplo: os despejos de indústrias como matadouros e frigoríficos, despejos de cozinhas (tanto as domésticas como as de ordem ‘industrial’, hidrocarbonetos da indústria do petróleo ou o processamento de óleos comestíveis.

Para o contexto desta pesquisa, uma das fontes de óleos e graxas que merece destaque é o despejo de efluentes domésticos, que são vigentes tanto na zona urbana quanto na rural (ESTRELA, SCHNEIDE e TAVARES, 2018). Esses efluentes referem-se à presença de óleos e gorduras provenientes de alguns alimentos vigentes em nossa dieta, como por exemplo margarina, manteiga, bacon, gordura de porco e nos óleos vegetais (de soja, girassol, e fins). Além disso, é válido lembrar que as gorduras também estão presentes na parte germinativa dos cereais, em sementes de certas frutas e de nozes, bem como nas próprias carnes que são consumidas no dia-a-dia. (METCALF; EDDY, 2016)

É importante lembrar que os óleos e as graxas são quimicamente similares, consistindo ambos em compostos (ésteres) de álcool, ou glicerol (ou seja, glicerina), com ácidos graxos. Deve-se esclarecer que” os glicerídeos de ácidos graxos que permanecem líquidos à temperatura ambiente são denominados de óleos; já aqueles que são sólidos a esta temperatura, são chamados de graxa (ou gorduras)” (METCALF; EDDY, 2016, p. 125).

Segundo Derísio (2012) o parâmetro óleos e graxas deve ser medido à partir da coleta de uma amostra de 1.000 mililitros (ou seja, 1 litro). O tempo máximo exigido entre a coleta e a análise da amostra é de 24 horas e a mesma deve ficar armazenada em um recipiente de vidro, sendo conservada com o uso de 1 a 2 ml de H₂SO₄ por litro de amostra coletada.

Em termos de métodos para a determinação do parâmetro ‘óleos e graxas’ Standard Methods (2012 apud Metcalf e Eddy 2016, p.126) explica que:

O conteúdo de óleo e graxa em um esgoto pode ser determinado por diversos métodos baseados na extração líquido-líquido e adsorção em fase sólida seguida por extração em líquido. Após o passo de extração, o solvente utilizado na extração é

evaporado e o conteúdo residual do óleos e graxas é determinado gravimetricamente.

Deve-se ressaltar que o método supracitado exige uma análise laboratorial. Para o contexto desta pesquisa, optou-se por avaliar o parâmetro óleos e graxas de forma macroscópica e em campo. Visto isso, optou-se pela utilização da resolução CONAMA 357, que estabelece que óleos e graxas em águas de classe I devem estar visualmente ausentes. Consultando os padrões para as demais classes, considerou-se também para este índice as classificações atreladas à presença de iridescência na água, tal como a presença nítida de óleos e graxas na água.

Por fim, é importante frisar que uma grande presença de óleos e graxas em ambiente aquático é extremamente nociva a vida da fauna e da flora. É um parâmetro de difícil degradação na natureza uma vez que a baixa solubilidade dos óleos e das graxas reduz as taxas de degradação biológica dos mesmos (METCALF e EDDY, 2016). Além disso, os autores ainda afirmam que a presença de uma camada espessa de óleos um corpo hídrico pode inibir as trocas gasosas com a atmosfera naquela superfície recoberta, interferindo drasticamente, por exemplo, nas taxas de Oxigênio Dissolvido, podendo comprometer toda a vida aquática abaixo da área.

Este parâmetro poderá ser mensurado visualmente em campo, onde bastará observar a presença de óleos e graxas dispostos na água da nascente.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com o protocolo de avaliação em mãos o parâmetro Óleos e Graxas deverá ser, visualmente, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Óleos e Graxas na água

Categorias Hierárquicas			
Óleos e Graxas	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	Presente	Iridescência	Ausente

Fonte: Resolução CONAMA, n. 357/2005

V) Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente

Felippe e Magalhães Jr (2009) afirmam que a ocupação urbana engendra uma série de alterações espaciais e ambientais e, conseqüentemente, na dinâmica dos recursos hídricos. Para esta pesquisa em específico, não só as ocupações urbanas serão levadas em conta, ainda que essas sejam muito mais expressivas em termos de impactos ambientais negativos. Muitas

nascentes que se localizam na área rural não estão isentas de modificações em sua morfologia e dinâmica. Modificações essas, que na maioria das vezes, são feitas em prol das necessidades do ser humano.

Peloggia (1997) afirma que as intervenções humanas no espaço possuem proporções bastante significativas, reforçando o papel do ser humano como agente geológico-geomorfológico.

Cabe-se aqui então, levantar as possíveis intervenções diretas que acarretam em mudanças morfológicas nas nascentes. Felipe *et al* (2013) mencionam que construções próximas à nascente podem acarretar em uma nova forma drenagem de nascentes ou até o aterramento das mesmas. A substituição da cobertura vegetal e a impermeabilização do solo podem intensificar os processos erosivos, gerar assoreamento e até inundações. Também pode ocorrer a diminuição da retenção de água e aumento da energia dos fluxos superficiais (FELIPPE e MAGALHÃES JR, 2009).

Indiretamente, o homem também pode alterar a morfologia fluvial (e das nascentes) devido às mudanças no uso e na cobertura do solo. Conseqüentemente, ocorrem transformações nos fluxos de matéria e energia de um sistema desequilibram a dinâmica dos processos exógenos como intemperismo, erosão, desnudação e sedimentação (BRIERLEY; FRYIRS, 2005) apud (FELIPPE *et al*, 2013)

Ainda, deve-se ressaltar que o homem pode promover ou intensificar os processos geomorfológicos que resultam na exfiltração da água subterrânea em locais onde, naturalmente, essa não ocorreria. Caso os fluxos entrem em contato com a rede de drenagem, tem-se então casos de exfiltração condicionada pelas ações humanas marcariam a gênese das denominadas nascentes antropogênicas (FELIPPE, 2009).

Este parâmetro também poderá ser verificado visualmente em campo, onde sugere-se duas possibilidades de verificação: I) Caso exista algum cuidador da nascente, ou moradores próximos, ou simplesmente pessoas que tenham certo conhecimento acerca daquela nascente, aconselha-se entrevista-los, informalmente, no intuito de levantar informações referentes à possibilidade de existir alguma intervenção na nascente; II) Na ausência de qualquer pessoa a ser entrevistada, é recomendado que a presença de alterações seja observada pelo próprio aplicador do índice.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com o protocolo de avaliação em mãos o parâmetro Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente deverá ser, visualmente, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente.

Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	Categorias Hierárquicas		
	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	Severas intervenções	Alguma intervenção	Intervenções não observadas

Fonte: elaborado pela autora

Deve-se levar em conta, que classificar as intervenções como “muitas” ou “poucas”, é subjetivo e relativo. Desta maneira, ao se aplicar o índice, a pessoa deve atentar-se para não só a quantidade de intervenções ali existentes, mas também para o tamanho da área de inserção da nascente e para a nascente propriamente dita. A primeira vista, “apenas uma canalização” em uma nascente pontual, com poucos metros de largura e comprimento, pode levar o aplicador a julgar este parâmetro como “poucas intervenções”. Contudo, após um olhar mais atento, o aplicador deve perceber que esta única canalização, já foi suficiente para modificar toda a estrutura da nascente, levando-se a entender que existem muitas intervenções naquela nascente. Ao passo que uma canalização em uma nascente múltipla, onde apenas um dos pontos de exfiltração é alterado, pode-se, de fato, considerar-se “poucas intervenções”. Em linhas gerais, deve-se ponderar a intensidade das alterações e não a quantidade.

VI) Degradação na APP da nascente

De acordo com a Lei 12.651/2012 do Novo Código Florestal, Art. 3º, a Área de Preservação Permanente – APP consiste em uma “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

No que tange o estudo das nascentes, o Novo Código Florestal, - LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012, considera Área de Preservação Permanente como áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros. Infelizmente, pode-se interpretar que segundo o atual Código, o caráter temporal de perenidade seja de uma nascente ou de uma surgência, implicou na delimitação de uma APP. Isso quer dizer que excluíram-se da obrigação de proteção, as

nascentes e surgências não perenes, ou seja, intermitentes ou efêmeros, uma novidade em relação ao Código anterior.

É neste contexto que se volta o olhar para os processos de degradação ambiental nas APP's das mesmas, bem como a necessidade de sua proteção, no intuito de assegurar a sua boa qualidade ambiental.

No que se refere a degradação ambiental, de acordo com a lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 que versa sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, artigo 3, inciso II, entende-se por degradação ambiental: “degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente.” Percebe-se que o conceito, apesar de abrangente, apresenta o termo degradação ambiental como uma adversidade, ou seja, carregado de negatividade (MENEGUZZO e CHAICOUSKI, 2010).

Brollo *et al* (2002) acrescentam, ao afirmarem que, a degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas do ambiente, gerando uma área degradada, podendo inviabilizar o seu desenvolvimento sócio-econômico-ambiental.

Nas áreas degradadas tem-se o uso inadequado dos recursos naturais, e a ocorrência de desastres naturais, que modificam as condições de potencialidade e fragilidade ambiental. Esta situação desestabiliza a dinâmica do meio ambiente e afeta a qualidade de vida das populações, gerando um impacto ambiental negativo, causado pela destruição, remoção ou exclusão da vegetação nativa e da fauna, pela perda ou remoção da camada fértil do solo, pela alteração da qualidade e do regime de vazão do sistema hídrico, pela geração de poluição (hídrica, ambiental, visual, etc.) e contaminação dos recursos naturais (BROLLO *et al.* 2002).

O conceito, entretanto, não evidencia se o agente da degradação é o ser humano em si, ou um fenômeno natural, como um incêndio provocado por um raio ou altas temperaturas, por exemplo. Assim, a peça chave para nos apropriarmos do conceito é compreender que a degradação ambiental caracteriza-se como um impacto ambiental negativo (SÁNCHEZ, 2008, p. 27).

Ponderando a negatividade do processo, utiliza-se as reflexões realizadas por Barcelos *et al* (1995) para compreender a importância que envolve a manutenção da qualidade ambiental das APP's, os autores atentam para fato de que, as Áreas de Preservação Permanente demandam cuidado especial uma vez que se voltam para a preservação da qualidade das águas, vegetação, fauna, além da dissipação de energia erosiva. “A legislação reconhece sua importância como agente regulador da vazão fluvial, consequentemente das

cheias, preservadora das condições sanitárias para o desenvolvimento da vida humana nas cidades” (BRANDÃO e LIMA, 2002, p. 46).

Assim, conclui-se que as Áreas de Preservação Permanente devem ser reconhecidas e mantidas como indispensáveis para a manutenção das bacias hidrográficas, e consequentemente a vida humana e seu desenvolvimento.

Deve-se ressaltar, que para esta pesquisa, a degradação ambiental será medida a partir do percentual de área sem cobertura vegetal original ou seja, pela presença de pasto, agricultura, etc e ela poderá ser traduzida, visualmente, em campo ou via geoprocessamento. O interessado que optar pela medição visual, deverá ir a campo já conhecendo previamente a área total da APP, para que se possa medir em metros a área degradada, para, posteriormente, calcular a sua percentagem. Caso o pesquisador opte por fazer a mensuração utilizando-se do geoprocessamento, sugere-se que seja feito o uso de uma ferramenta capaz de medir a área a qual mostra-se sem vegetação, para posteriormente, calcular quantos por cento da área total, isso representa.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com o protocolo de avaliação em mãos o parâmetro Degradação na APP da nascente deverá ser, visualmente ou via geoprocessamento, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Degradação na APP da nascente

	Categorias Hierárquicas		
	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
Degradação na APP da nascente	≥ 70% da área sem vegetação primária ou secundária	30-70% da área sem vegetação primária ou secundária	≤30% da área sem vegetação primária ou secundária

Fonte: elaborado pela autora

VII) Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente

De acordo Pinto, Roma e Balieiro (2012), o cercamento das nascentes ocasiona resultados imediatos relacionados a interrupção de processos erosivos e de contaminação provocados pelo acesso de criações às mesmas. Ainda segundo os autores, as criações que possuem acesso às nascentes, impedem a regeneração natural da vegetação característica dessas, além de comprometer o potencial de produção de água das nascentes, devido a compactação do solo promovida pelo pisoteio. Sendo assim, contaminação, supressão da

vegetação nativa e pisoteio são fatores negativos diretamente ligados ao acesso do gado ao corpo d'água.

Entretanto, para a construção do índice de qualidade ambiental de nascentes, optou-se por não apenas levar em consideração somente o acesso de criações à nascente, mas também de pessoas e animais domésticos. Isso, devido ao fato de que animais domésticos podem contribuir de certa forma com processos erosivos e colaborar, significativamente, com a contaminação e eutrofização da água pelos seus dejetos, pois a contaminação pelas fezes dos animais pode provocar o aumento da matéria orgânica na água, o que acarretaria o desenvolvimento exagerado de algas bem como a contaminação por organismos patogênicos que infestam os animais e podem atingir o homem (CARVALHO *et al*, 2017).

Além disso, Cruvinel (2011) afirma em seus estudos que animais que têm acesso à nascente para utilização expressiva da água para dessedentação, também corroboram para a perda da qualidade da água. Como as nascentes são aqui entendidas sob a óptica sistêmica, a perda da qualidade da água, já é suficiente para comprometer a dinâmica do restante dos elementos do sistema nascente.

Por fim, o acesso de pessoas às nascentes também pode comprometer a qualidade ambiental da mesma, uma vez que possa existir algum uso inadequado, tal como pesca irregular, captação indevida ou sem supervisão da água, contaminação da água, despejo de lixo, entre outros, acarretando na degradação da nascente.

Este parâmetro também poderá ser verificado visualmente em campo, onde sugere-se duas possibilidades de verificação: I) Caso exista algum cuidador da nascente, ou moradores próximos, ou simplesmente pessoas que tenham certo conhecimento acerca daquela nascente, aconselha-se entrevista-los, informalmente, no intuito de levantar informações referentes à possibilidade de existir qualquer tipo de acesso, constante ou não à mesma; II) Na ausência de qualquer pessoa a ser entrevistada, é recomendado que qualquer vestígio de acessos à nascente (pegadas, cercamentos quebrados ou danificados, presença de lixo, etc) seja observado pelo próprio aplicador do índice. Ademais, uma outra opção relevante, é de se observar o trânsito de pessoas e animais durante o tempo de visita a nascente.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com protocolo de avaliação em mãos o parâmetro Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente deverá ser, visualmente, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente.

Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	Categorias Hierárquicas		
	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	Constante	Pouco constante	Raro

Fonte: elaborado pela autora

Destaca-se que o acesso à nascente, está intimamente ligado aos usos da mesma, bem como à dificuldade do acesso propriamente dito. Sabendo-se que a nascente é utilizada para abastecimento público, para agricultura ou pecuária, conclui-se que seu uso é constante. A presença de lixo ao redor da nascente, tal como as alterações morfológicas na nascente, também dão indícios de um uso corriqueiro. Salienta-se que a ausência de uma pessoa a ser entrevista acerca do acesso à nascente, obrigando o aplicador a apenas observar a área de inserção da nascente, pode gerar dúvidas se o acesso é constante ou pouco constante. Visto isso, caberá ao pesquisador ou interessado, julgar este parâmetro da forma mais correta possível.

VIII) Assoreamento na nascente

O assoreamento consiste na deposição de sedimentos no fundo das redes de drenagem, podendo ocorrer devido a erosão das vertentes e/ou acúmulo de sedimentos maiores e densos transportados pelo curso d'água que tem a velocidade de seu fluxo reduzida (GUERRA e GUERRA, 2011); (ALMEIDA, 2012).

Segundo Thorne e Tovey (1981) os elementos que propiciam a erosão das margens fluviais estão diretamente relacionadas às características sedimentológicas, hidrodinâmicas e conjunturas climáticas locais.

Além da origem natural, o assoreamento pode ser intensificado pela ação antrópica, uma vez que o homem é ativo perante a natureza, estando em contato com a mesma a todo o tempo. Visto isso, cabe ser destacado também, o desmatamento de matas ciliares (PELOGGIA, 1997).

De acordo com Kageyama, (1986) e Lima (1989), as matas ciliares seriam um elemento de suma importância para a proteção das nascentes, dado que configuram-se como uma área de obstáculo físico de permuta entre os ambientes terrestre e aquático e que ainda

favorece a infiltração. Além disso a mata ciliar auxilia na preservação do solo situado nas margens dos cursos d'água para diminuir a erosão que causaria o assoreamento.

As adversidades que o alto nível de assoreamento apresenta está atrelado a possibilidade de formação de bancos de sedimentos que podem prejudicar a dinâmica e o funcionamento da nascente, diminuindo o volume de água exfiltrada e sua velocidade de escoamento. Ademais, e até alterando as condições de habitat de animais aquáticos e seu sistema de reprodução.

Guimarães (2007) acrescenta que o assoreamento acarreta em outras consequências negativas para o rio em si, como por exemplo o aumento do nível das cotas dos mesmos e consequentemente a inundação de áreas ribeirinhas.

Ressalta-se que para este trabalho, a mensuração de assoreamento na nascente será realizada através da observação de material agradacional sobre a nascente.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com protocolo de avaliação em mãos o parâmetro Assoreamento na nascente deverá ser, visualmente, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Assoreamento na nascente

Assoreamento na nascente	Categorias Hierárquicas		
	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	Muito material agradacional ($\geq 70\%$ da área da nascente)	Médio (30-70% da área da nascente)	Pouco material agradacional ($\leq 30\%$ da área da nascente)

Fonte: elaborado pela autora

- IX) Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes

A educação sempre foi encarada como quesito fundamental para as transformações sociais. Após mais de 25 anos de debates entre educadores e estudiosos, a educação ambiental passa a ser considerada uma estratégia de grande valia na construção de sociedade consciente (FERRAZ, 2008).

Ainda, para Layrargues (2000) a educação, e mais especificamente, a educação ambiental (EA) pode e deve ser encarada como um instrumento de gestão responsável, uma vez que possui alta potencialidade para intervir no processo de construção social da realidade, através de estratégias como exercício de uma visão relacional e integrada do meio ambiente, construção de valores, obtenção de conhecimentos e pelo incentivo à uma cidadania ativa, que possibilita a conquista de espaços de participação e mobilização nas diferentes escalas de gestão.

É nesta conjuntura que se atrela a escola e aos projetos sociais de cunho ambiental, o papel fundamental de promover espaços de diálogo, interação, experimentação e reflexão, uma vez que o processo de aprendizagem coletiva engendra o sentido, a legitimidade, a coerência e a melhoria da qualidade de vida para a sociedade (CANÁRIO, 2006).

Cabe as escolas e os projetos ambientais estarem inseridos no contexto da educação ambiental transformadora, entendida

como uma matriz que encara a educação como elemento de transformação social (movimento integrado de mudança de valores e de padrões cognitivos com ação política democrática e reestruturação das relações econômicas), inspirada no fortalecimento dos sujeitos, no exercício da cidadania, para a superação das formas de dominação capitalistas, compreendendo o mundo em sua complexidade como totalidade (LOREIRO, 2004,p.67).

Ainda segundo o mesmo autor, essa educação ambiental emancipatória origina-se dos objetivos das pedagogias críticas e emancipatórias, principalmente dialéticas, em suas interfaces com a teoria da complexidade, visando um novo paradigma para uma nova sociedade. Loureiro (2004) se refere a um vasto campo que adequa-se à educação ambiental “pelo tratamento consistente de nossa especificidade como seres biológicos, sociais e históricos, de nossa complexidade como espécie e da dialética natureza/ sociedade como unidade dinâmica” (LOREIRO, 2004, p.67).

Visto isso, viu-se a possibilidade de estender para as nascentes o advento da educação ambiental, objetivando a construção de uma sociedade mais consciente acerca do meio ambiente e das nascentes em si. Entender o que são as nascentes, seu papel para os seres vivos, a sua importância e a necessidade de protegê-las, interfere diretamente em uma boa gestão desses sistemas, corroborando, em um futuro próximo, com a diminuição de impactos ambientais negativos nos mesmos.

Para a verificação deste parâmetro, primeiramente, deve-se adotar, como recorte espacial, a abrangência do Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) o qual a nascente avaliada se insere, tanto diante do âmbito federal quanto estadual. Ressalta-se que deve-se,

preferencialmente, valorar instituições estaduais, devido a maior possibilidade de ações mais específicas nas nascentes estudadas. Entretanto, caso não seja possível, deve-se considerar os CBH na ótica federal.

Todavia, destaca-se, que a busca por programas de EA, não deve se restringir a apenas os CBH (estaduais ou federais). Outras instituições, governamentais ou não, atreladas ao planejamento de recursos hídricos, ou de meio ambiente, devem ser consideradas, tais como Agência Nacional das ÁGUAS (ANA), a nível federal, o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) e a Secretaria de Estado e Meio Ambiente (SEMA), todos também em nível federal. Já em nível estadual, aconselha-se buscar os órgãos governamentais, ou não, de gestão de recursos hídricos e meio ambiente referentes ao estado as quais as nascentes se inserem.

Dessarte, no intuito de se averiguar a existência de programas de Educação Ambiental voltados para as nascentes, deve-se: I) Investigar a vigência de quaisquer programas de EA promovidos pelas instituições supracitadas, que abarquem as nascentes estudadas. Entendendo-se a escassez de projetos de EA, gestão e planejamento de nascentes, em um âmbito geral, propõe-se aqui, que os projetos de EA de tais instituições não precisam ser, necessariamente, voltados de forma exclusiva para as nascentes, podendo abarcar APP's, matas ciliares, rios, etc.; II) Além da existência de programas oriundos das instituições mencionadas, deve-se também, verificar a existência de programas independentes, promovidos pela sociedade civil organizada, como escolas, ONGs, ou pela própria comunidade inserida no recorte espacial dos CBH.

Alguns programas independentes a serem considerados são: Inserção da temática ambiental nas disciplinas; Desenvolvimento de disciplinas especiais; Conscientização acerca do destino do lixo (na escola, em casa e na comunidade), bem como da coleta seletiva; Colaboração da comunidade para a manutenção de jardins, hortas e áreas verdes; Discussão acerca da EA em atividades comunitárias; Desenvolvimento de projetos de EA nas escolas; Participação em datas e eventos comemorativos atrelados ao meio ambiente e ou EA; Seguir os preceitos do PRONEA – Programa Nacional de Educação Ambiental; Implementação da Agenda 21 nas escolas, etc.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com protocolo de avaliação em mãos o parâmetro Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes deverá ser, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes

Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	Categorias Hierárquicas		
	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	Programas de EA efetivados em escalas geográficas inferiores às UPGRHs ⁴ estaduais, específicos ou não para nascentes	Programas de EA efetivados no âmbito das UPGRHs estaduais não específico para nascentes	Programas de EA efetivados no âmbito das UPGRHs estaduais, específicos para nascentes

Fonte: elaborado pela autora

- X) Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes

De acordo com o Art. 225 da constituição federal brasileira de 1988, “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Ainda segundo a constituição, para que esse direito seja efetivamente assegurado, cabe ao poder público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas; II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético; [...] VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente (BRASIL, 1988).

Percebe-se que é previsto por lei, que cabe ao governo (federal, estadual e até municipal) zelar pela integridade meio ambiente, ocasionando na promoção e execução de projetos e leis que visem a proteção do mesmo. Visto isso, algumas políticas públicas, existentes no estado de Minas Gerais, como as do Ministério do Meio Ambiente (MMA), as da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), as do

⁴ Deve-se ressaltar que esta sigla é válida para as Unidades de Gestão e Planejamento do estado de Minas Gerais. Cada unidade federativa faz uso de diferentes siglas.

Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e as da Fundação Estadual do Meio Ambiente; a Secretaria do Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS), a Secretaria de meio Ambiente (SMAC) no Rio de Janeiro; a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e a Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente (PMSP) também em São Paulo, dentre muitos outros, distribuídos em todos os estados brasileiros, incluem vários programas voltados para a recuperação, conservação e sustentabilidade em variadas áreas ambientais. Obviamente, este não é apenas um dever do poder público, contudo, achou-se pertinente ressaltar a responsabilidade do mesmo, em relação ao meio ambiente.

É nesta conjuntura, que se viu a necessidade de criar um parâmetro que abarcasse o poder público e as nascentes. Tendo em vista que é incumbência do governo garantir não só a proteção dos recursos hídricos em si, mas também garantir a existência projetos de proteção e recuperação para os mesmos, julgou-se indispensável pensar na vigência de programas voltados para as nascentes em específico.

Para a verificação deste parâmetro, primeiramente, sugere-se a adoção, como recorte espacial, a abrangência do Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) o qual a nascente avaliada se insere, tanto diante do âmbito federal quanto estadual. Isso facilita e muito, a busca por projetos de proteção e recuperação de nascentes. Dessarte, primeiramente, verificar-se-á a existência de Comitês de Bacia Hidrográfica (federais ou estaduais) que englobem a nascente em questão, à semelhança do parâmetro de Educação Ambiental.

As instituições, governamentais atreladas ao planejamento de recursos hídricos, ou de meio ambiente, devem ser consideradas, tais como Agência Nacional das ÁGUAS (ANA) ,a nível federal, o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) e a Secretaria de Estado e Meio Ambiente (SEMA), todos também a nível federal.

Alguns projetos federais a se levar em conta, podem ser o Projeto Legado⁵, o Projeto de qualidade da água⁶ e o Projeto Conexão água⁷. Já em nível estadual, aconselha-se buscar os

⁵ Este projeto é uma iniciativa da Agência Nacional de Águas (ANA) que objetiva estabelecer uma agenda política para melhoria da gestão de águas no Brasil. As propostas foram desenvolvidas ao longo de 2017, envolvendo especialistas, juristas e representantes de diversos segmentos que compõem o Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SINGREH). Ao final deste trabalho, foram identificadas e detalhadas 20 propostas para aperfeiçoamento dos marcos constitucional, legal e infralegal da gestão de águas no Brasil. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/programas-e-projetos/projeto-legado-1>

⁶ A ANA monitora a qualidade das águas superficiais e subterrâneas do país, baseando-se nos dados fornecidos pelos órgãos estaduais gestores de recursos hídricos. Ainda, a ANA realiza uma gestão mais eficiente, essencial para conceder outorgas de direito de uso da água e realizar estudos e planos, entre outras atividades. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/qualidade-da-agua>

órgãos governamentais de gestão de recursos hídricos e meio ambiente referentes ao estado as quais as nascentes se inserem. Em nível municipal, é interessante o contato com a prefeitura, bem como a secretaria de meio ambiente da cidade ou do município. Outra estratégia, é verificar os programas propostos por instituições como as Unidades de Planejamento (UP's), tanto na esfera federal quanto estadual.

Dessarte, no intuito de se averiguar a existência de programas ou projetos de Proteção e Recuperação de nascentes, deve-se investigar a vigência de quaisquer programas de Proteção e Recuperação promovidos pelas instituições supracitadas, que abarquem as nascentes estudadas. Essa busca pode ser online ou pessoalmente, caso seja possível de se locomover até a localidade da instituição.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com protocolo de avaliação em mãos o parâmetro Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes deverá ser, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes

Articulação entre população e entidades de regulação	Categorias Hierárquicas		
	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	Inexistência de quaisquer programas de proteção e recuperação na nascente	Existência de programas de proteção e recuperação na nascente ainda sem devida execução ou efetivação	Existência e efetivação de um ou mais programas ou projetos de proteção e recuperação na nascente

Fonte: elaborado pela autora

XI) Articulação entre população e entidades de regulação

Como exposto no tópico acima, o poder público possui uma significativa participação no que tange a seara de planejamento e gestão ambiental. Entretanto esta não é uma tarefa exclusiva ao governo. Cabe à população fomentar sua participação nos projetos de proteção e

⁷ O projeto Conexão Água é uma rede colaborativa que busca a melhoria da qualidade e quantidade das águas no Brasil e Governança Participativa e Transparente da Água, formada por representantes dos diversos setores da sociedade civil e governo. A rede não é estática, está em constante evolução para atender aos desafios na gestão das águas, e incorporar contribuições de cada setor ou membro dessa rede colaborativa. Disponível em: <http://conexaoagua.mpf.mp.br/>

recuperação do meio ambiente, e mais especificamente aqui, das nascentes. É claro que entende-se que a população não detém reais condições de engajamento para uma disputa política, ou qualquer outra luta que envolva os detentores de poder (econômico e ou político). Contudo, enxerga-se a necessidade de engendrar uma mudança neste quadro, ainda que essa mudança ocorra a passos lentos. Dessa forma, tem-se em mente a necessidade e a importância de aumentar a participação social nas ações do Governo e aproximar o cidadão da gestão pública.

Dentro deste contexto, Novelli (2006) aponta a governabilidade como a capacidade do Estado de exercer o poder legitimamente e a governança como a capacidade da participação dos cidadãos nas decisões e implementação dos projetos do Estado. Ainda segundo a mesma autora, a comunicação que se pratica entre instituições e órgãos públicos se mostra como instrumento valioso para o fortalecimento da esfera pública e dos mecanismos de democratização e participação cidadã.

Segundo o DECRETO Nº 8.243, DE 23 DE MAIO DE 2014, a Política Nacional de Participação Social é a principal diretriz do Governo Federal para aprofundar a democracia, fortalecendo e articulando os mecanismos e as instâncias democráticas na atuação conjunta da administração pública federal com a sociedade civil. O objetivo é que o diálogo seja um método de governo. A sociedade deve ser protagonista na execução de políticas públicas.

Ainda de acordo com a secretaria de governo, essa articulação população e governo também pode ser vista como um processo educativo, visto que há a conscientização do cidadão sobre a sua importância, para que ele passe a ser cada vez mais parte efetiva e influenciadora do sistema de governo brasileiro.

Teoricamente, as solicitações dos movimentos sociais chegam até a Secretaria de Governo e lá são discutidas as demandas. Posteriormente é aberto um espaço de diálogo com representantes desses movimentos para adequar a viabilidade das propostas. Entretanto, na prática, é sabido que esse não é um procedimento simples e isento de processos burocráticos. Um dos motivos desse processo apresentar uma série de obstáculos até chegar na secretaria de governo, é que simplesmente, alguns projetos sociais ou ambientais podem ir diretamente contra os interesses dos grandes detentores de capital.

Um dos instrumentos mais importantes para essa articulação são as Conferências Nacionais. Em reuniões municipais e estaduais são definidas as pautas de reivindicações e levadas para a Conferência. Para tal, são convocados representantes dos setores envolvidos nos pleitos, como Ministério da Saúde, Meio ambiente, Educação, etc, afim de que as demandas sejam tratadas de forma direcionada. Outra forma de participação dos programas e

ações do Governo Federal é via online. O “Dialoga Brasil”, por exemplo, é um canal virtual que incentiva a participação da sociedade na política brasileira. Qualquer pessoa pode ter acesso ao site e propor políticas públicas, que vão para votação popular no site. As mais votadas seguem para apreciação dos órgãos federais, que deverão responder às iniciativas mais votadas.

Esse portal também permite que as pessoas possam opinar sobre as políticas do governo existentes ou já propostas, e cooperar nas Consultas Públicas disponibilizadas.

Visto isso, este parâmetro foi pensado, pois acredita-se que uma vez que a população esteja ciente das políticas públicas em prol do meio ambiente, e neste caso das nascentes, ela esteja apta a mobilizar-se, opinar, sugerir, elogiar, acompanhar, questionar e até critica-las. Contudo, a população só estará ciente dos projetos do governo, se houver uma boa articulação entre ambos os lados.

Para a constatação deste parâmetro, também sugere-se adotar, primeiramente, , como recorte espacial, a abrangência do Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) onde a nascente avaliada se insere, tanto diante do âmbito federal quanto estadual. Assim, deve-se averiguar a existência de Comitês de Bacia Hidrográfica (federais ou estaduais) que abarquem a nascente em questão. Também deve-se ,preferencialmente, optar por instituições estaduais e municipais, devido a maior possibilidade de ações mais específicas nas nascentes estudadas. Porém, caso não seja possível deve-se considerar os CBH na ótica federal. Todavia, destaca-se, que a busca por articulação entre população e entidades de regulação não deve se restringir a apenas os CBH (estaduais ou federais).

Este parâmetro também poderá ser conferido através de dois procedimentos: I) Caso exista algum cuidador da nascente, ou moradores próximos, ou simplesmente pessoas que tenham certo conhecimento acerca daquela nascente, aconselha-se entrevista-los, informalmente, no intuito de levantar informações referentes à possibilidade de existir alguma articulação entre população e entidades de regulação; II) Na ausência de qualquer pessoa a ser entrevistada, é recomendado que que antes de ir a campo, o aplicador do índice busque informações na prefeitura, na associação de moradores do bairro, ou que faça uma busca por fontes legais (municipais, estaduais e federais), a respeito de uma possível existência de qualquer indício de articulação entre governo e população.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com protocolo de avaliação em mãos o parâmetro Articulação entre população e entidades de regulação deverá ser, visualmente, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Articulação entre população e entidades de regulação

Articulação entre população e entidades de regulação	Categorias Hierárquicas		
	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	Inexistente	Pouco vigente	Vigente

Fonte: elaborado pela autora

XII) Combate e – ou controle de processos erosivos na APP

A erosão dos solos é um objeto de estudo que integra o arcabouço teórico da geomorfologia desde os seus primórdios, com Wiliam Morris Davis. Diante de uma perspectiva geomorfológica esse fenômeno é entendido como um elemento oriundo da dinâmica das formas de relevo (LIMA, 2003).

Segundo Vilar e Prandi (1993), a erosão consiste em um conjunto de processos pelos quais os materiais da crosta terrestre são desagregados, dissolvidos ou desgastados e transportados de um ponto a outro Por intermédio dos agentes erosivos (geleiras, rios, mares, vento ou chuva).

Independente do agente erosivo, o processo da erosão pode ser considerado de duas maneiras, em relação a sua intensidade. Tem-se, então, a erosão geológica (também conhecida como normal ou natural), que corresponde a um processo lento e contínuo de evolução da terra; e a erosão acelerada, que configura-se como um processo rápido, induzido pela intervenção do homem (LIMA, 2003). Segundo o autor, dentre os agentes erosivos mencionados, a água merece destaque, especialmente na zona intertropical, através da ação das chuvas, escoamento das águas em superfície, mares e lagos, dos quais resulta a chamada erosão hídrica de superfície.

Das formas de erosão hídrica, a de maior vigência e impacto sobre as atividades humanas, é a representada pela água das chuvas devido ao impacto das gotas sobre o solo e, posteriormente, seu escoamento superficial que remove o material das camadas de superfície das vertentes (LIMA, 2003).

Além de se ter em mente quais são os principais agentes erosivos, julga-se necessário também reconhecer os fatores condicionantes à erosão. Bertoni e Lombardi Neto (1993) consideram como forças ativas atuantes no processo erosivo: as características da chuva (intimamente ligadas ao escoamento superficial); a declividade e o comprimento da encosta, visto que o aumento desses dois elementos engendra um aumento no volume e na velocidade da enxurrada, e, conseqüentemente em maior poder erosivo; e as características do solo,

atreladas à suscetibilidade desse à erosão como textura, a estrutura (estabilidade dos agregados), a infiltração, a permeabilidade e a capacidade de armazenamento de água, e o conteúdo de matéria orgânica, enquanto que, como forças passivas, a resistência do solo à ação erosiva da água, especialmente por intermédio da densidade da cobertura vegetal, uma vez que ela proporciona a proteção direta contra o impacto das gotas de chuva, dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo, decomposição das raízes das plantas que, formando pequenos canais no solo, aumentam a infiltração da água, melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água e diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

Segundo Guerra (2005) existe uma considerável variedade de técnicas de experimento e monitoramento de erosão. Contudo, serão mencionadas aqui aquelas que vem sendo mais utilizadas no Brasil e no mundo.

Dentre elas, em termos de técnicas de experimento, o autor se refere ao uso dos simuladores de chuva e às chamadas splash cups (traduzido como bandejas de Salpicamento), enquanto que para as técnicas de monitoramento, ressalta-se as estações experimentais, o monitoramento de voçorocas e os pinos de erosão, apesar de existirem várias outras (GUERRA, 2005).

Uma das perspectivas abordadas no estudo de erosão do solo é a voltada para o planejamento ambiental, que visa a avaliação preditiva como forma de subsidiar o planejamento do uso da terra, bem como definir medidas de conservação. É diante dessa óptica que viu-se a necessidade de levantar um parâmetro que visasse abarcar a existência ou não de projetos de combate ou controle de processos erosivos na APP da nascente.

Sugere-se também duas formas de verificação deste parâmetro: I) Caso exista algum cuidador da nascente, ou moradores próximos, ou simplesmente pessoas que tenham certo conhecimento acerca daquela nascente, aconselha-se entrevista-los, informalmente, no intuito de levantar informações referentes à possibilidade de existir programas de combate e controle de processos erosivos na APP; II) Na ausência de qualquer pessoa a ser entrevistada, é recomendado que antes de ir a campo, o aplicador do índice busque informações a respeito de uma possível existência de qualquer ação que vise o combate e controle de processos erosivos na APP. Algumas dessas ações são facilmente percebidas em campo, como por exemplo a presença de técnicas de cultivo que visam controlar a erosão (como a plantação em fileiras, degraus e terraços); presença de estruturas como os cordões de contorno

(diques ou barreiras), estruturas para desvio e infiltração da água, presença de taludes, entre outros (NUNES, *et al*, 2017).

Outra forma de se buscar informações acerca da existência de qualquer ação que vise o combate e controle de processos erosivos na APP sugere-se adotar, como recorte espacial, a abrangência do Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) o qual a nascente avaliada se insere, tanto diante do âmbito federal quanto estadual. Deste modo, o primeiro passo será verificar a existência de Comitês de Bacia Hidrográfica (federais ou estaduais) que abarquem a nascente em questão. Ressalta-se que deve-se ,preferencialmente, optar por instituições estaduais e municipais, devido a maior possibilidade de ações mais específicas nas nascentes estudadas. Entretanto, caso não seja possível deve-se considerar os CBH na ótica federal. Todavia, destaca-se, que a busca pela existência de qualquer ação que vise o combate e controle de processos erosivos na APP não deve se restringir a apenas os CBH (estaduais ou federais), cabendo ao pesquisador buscar em outras fontes governamentais ou não.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com protocolo de avaliação em mãos o parâmetro Combate e controle de processos erosivos na APP deve, visualmente, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Combate e controle de processos erosivos na APP

Combate e controle de processos erosivos na APP	Categorias Hierárquicas		
	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	Inexistente	Pouco vigente	Vigente

Fonte: elaborado pela autora

Ressalta-se aqui, que tendo em vista que para alguns parâmetros foram levantadas duas possibilidades de verificação e mensuração, fica a critério de quem aplicará o índice, seguir uma das sugestões propostas, ou seguir ambas.

Deve-se destacar que alguns parâmetros de Estado, referentes à avaliação das nascentes, podem gerar dificuldades de mensuração, por serem extremamente técnicos e por exigirem análises laboratoriais. Dessarte, como será explicado no capítulo 5 desta dissertação, viu-se a necessidade de se formular não apenas um, mas dois índices de avaliação ambiental de nascentes, sendo um técnico e outro mais simplificado, afim de conseguir atender o máximo possível das demandas dos interessados na avaliação ambiental de nascentes.

4.2.2 Os parâmetros que integram o protocolo de caracterização de nascentes

I) Profundidade do solo ou das coberturas superficiais

No que se refere a profundidade, Lepsch (2010), elucida que tal característica atrela-se ao nível de desenvolvimento dos solos, sendo assim, para o autor, um solo mais desenvolvido será por conseguinte mais profundo, diferente do de menor desenvolvimento.

Para Miotti, *et al* (2013) as características físicas do solo se alteram de acordo com a profundidade estudada. “O solo profundo apresenta maiores conteúdos de argila, maior volume de microporos e porosidade total, resultando em maior retenção de água quando comparado ao solo raso” (MIOTTI, *et al*, p. 535, 2013).

De acordo com Lepsch (2010), solos rasos erodem com mais facilidade que os profundos, porque neles a água pluvial acumula sob a rocha, camada impermeável, saturando mais rapidamente o solo, em consequência ocorre o escoamento superficial seguido do arraste do horizonte raso.

A profundidade do solo vem sido apontada como um parâmetro bastante relevante em análises hidrológicas de bacias hidrográficas (TESFA *et al.*, 2009). Para Pelletier e Rasmussen (2009) apud Michel e Kobiyama (2015) a espessura do solo exerce um controle de primeira ordem na resposta hidrológica de bacias hidrográficas montanhosas. Além disso, Fu *et al.* (2011) apud Michel e Kobiyama (2015) relataram que a profundidade do solo exerce relevante influência sobre as taxas de erosão relacionadas a eventos chuvosos.

Com as nascentes não seria diferente. Quanto mais profundo o solo, menor a sua perda por erosão e maior sua retenção de água, bem como sua infiltração e percolação. Deste modo, maior será o volume de água que irá alcançar e recarregar os aquíferos, acarretando futuramente na exfiltração.

Michel e Kobiyama (2015) salientam que existem alguns métodos de campo destinados a estimar a profundidade do solo. Os autores subdividem esses métodos em: (i) métodos de referência; e (ii) métodos geofísicos. Os métodos de referência caracterizam-se principalmente pela abertura de trincheiras, tradagem e uso de penetrômetros. Os geofísicos englobam, principalmente, métodos sísmicos, elétricos e eletromagnéticos. Contudo, para a realidade deste trabalho, serão abordados aqui os métodos de referência.

Caso o pesquisador ou interessado opte pela abertura das trincheiras, o uso de pás é mais comum para tal. As trincheiras, são uma escavação vertical, de seção retangular, feita para se obter uma exposição contínua do solo num certo trecho do terreno. Entretanto, para

estudos que abrangem grandes áreas, ou na tentativa de entender a distribuição espacial da profundidade do solo, a utilização de pás e trincheiras torna-se inviável (MICHEL e KOBIYAMA, 2015). Ainda que outros dois métodos sejam descritos a seguir, acredita-se que a abertura de trincheiras com a pá configure-se como o método mais simples e acessível.

As sondagens a trado baseiam-se em perfurações, manuais ou motorizadas, geralmente de pequeno diâmetro. Uma de suas funções é medir a profundidade do solo quando a ponteira do trado é conduzida até a interface entre o solo e a rocha (MICHEL e KOBIYAMA, 2015). O trado como instrumento de coleta, que é um tipo de amostrador de solo, de baixa e média resistência, constituído por lâminas cortantes, que podem ser compostas por duas peças, de forma convexa (trado concha) ou única, de forma helicoidal.

Os penetrômetros são utilizados geralmente para avaliar o grau de compactação do solo ao longo do perfil, porém, também podem ser utilizados para medir a profundidade do solo (MICHEL e KOBIYAMA, 2015). Esses, geralmente, são constituídos por uma haste fina (diâmetro não superior a 20 mm) com uma ponteira em formato de cone que auxilia na penetração da haste no solo (Rooney e Lowery, 2000). Na metodologia tradicional de aplicação de penetrômetros, é medida a força necessária aplicada para que o instrumento penetre até determinada profundidade.

Deve-se ressaltar, que nem sempre haverá um solo propriamente dito na área ao redor da nascente. Muitas vezes, as nascentes exfiltram circundadas por sedimentos, ou qualquer outra cobertura superficial, que não seja solo, mas que esteja acima da rocha sã. Nesses casos, a pessoa que for aplicar o índice, deverá, normalmente, seguir as mesmas instruções referentes ao solo.

Independentemente do método escolhido, e independentemente de ser uma mensuração da profundidade do solo ou de uma cobertura superficial, deve-se ter em mãos uma trena, para mensurar quantos centímetros ou até metros o solo possui de profundidade.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com protocolo de caracterização em mãos o parâmetro Profundidade do solo deve ser, metricamente, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Profundidade do solo

		Categorias Hierárquicas			
Profundidade do solo	Rasa	Pouco profunda	Profunda	Muito profunda	
	0-10 cm	10-50 cm	50- 100 cm	>100 cm	

Fonte: elaborado pela autora

II) Tipo de uso e ocupação da terra na APP da nascente e na bacia de contribuição

Como já mencionado anteriormente, As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são áreas definidas pelo Novo Código Florestal Brasileiro, segundo a Lei 12.651/2012, Art. 3º e consistem em “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

Já segundo Pinto *et al* (1976) entende-se bacia de contribuição, como a área geográfica coletora de água da chuva que, escoando pela superfície do solo, atinge a secção considerada.

Ademais, o DECRETO Nº 30.315, DE 29 DE ABRIL DE 2009, DODF de 30.04.2009 (Art 2º, Inciso VI) considera a bacia de contribuição como sendo uma “área de drenagem situada à montante de um determinado local e que contribui como área total de escoamento para alimentar o curso d’água nesse local”.

Desse cenário advém a necessidade de atenção quanto aos usos e ocupação das APPs e das bacias de contribuição já que a manutenção da qualidade de ambos incidirá diretamente na qualidade do meio ambiente.

De acordo com Rosa (2007), conhecer e monitorar o uso e ocupação da terra é fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Esse monitoramento busca conhecer toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização de tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. Em linhas gerais, a expressão “uso da terra ou uso do solo” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem.

Ademais, deve-se ressaltar que o levantamento do uso da terra é de grande importância, visto que os efeitos do uso desordenado deterioram o ambiente. Algumas das consequências diretas do mau uso do solo, são a evidência de processos de erosão intensos, as

inundações, os assoreamentos desenfreados de reservatórios e cursos d'água (ROSA, 1990). Isso se estende para o funcionamento e dinâmica das nascentes, que irão sofrer influência direta do bom ou do mau uso da terra. Por exemplo, um recorte espacial onde o solo é revestido por cobertura vegetal, o risco que uma nascente corre de ser erodida e até assoreada, é bem menor, do que se seu solo fosse exposto.

Por fim, o uso e a ocupação da terra podem ser sintetizados por meio de mapas, através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Deste modo, os mapas são incumbidos de indicar a distribuição espacial da tipologia da ação antrópica que pode ser identificada pelos seus padrões homogêneos característicos na superfície terrestre. Sua identificação, quando atualizada, é de relevante importância para o planejamento e norteia a ocupação da paisagem, respeitando sua capacidade de suporte e/ou sua estabilidade/vulnerabilidade (LEITE e ROSA, 2012).

Aconselha-se quem for aplicar o protocolo de caracterização, a já ir a campo com esta informação. Também é recomendado ter em mãos o Manual técnico de uso da terra, desenvolvido pelo IBGE, em 1999. Nele consta informações importantes como a classificação de uso da terra e as grandes classes de uso da terra.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com protocolo de caracterização em mãos o parâmetro Tipo de uso e ocupação da APP e da bacia de contribuição deve ser, cartograficamente, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Tipo de uso e ocupação da APP e da bacia de contribuição

	Categorias						
Tipo de uso e ocupação da APP e da bacia de contribuição	Agricultura	Pecuária	Agropecuária	Extratativismo	Mineração	Áreas especiais (Unidades de conservação e terras indígenas)	Áreas urbanas

Fonte: IBGE, 2013

É importante mencionar, que uma vez que o aplicador do índice esteja em campo, ele deverá atentar-se a alguns detalhes, para evitar possíveis confusões em relação a classificação do uso da APP e da Bacia de contribuição. Por exemplo, o uso da terra em si, não resume-se apenas na vegetação que o interessado em aplicar o índice consegue perceber. É necessário levar em conta todo o contexto o qual a nascente se insere. Ou seja, é possível, em uma situação hipotética, que haja braquiária em um cenário urbano. A braquiária próxima a

nascente, não quer dizer necessariamente, que o tipo de uso e ocupação da APP e da Bacia de contribuição seja pecuária. Trata-se de uma área urbana.

Ainda que seja de extrema importância o levantamento de qual o tipo de uso e ocupação da terra, salienta-se também a importância de se identificar a porcentagem do mesmo. Tanto a identificação do tipo e sua porcentagem, devem ser verificadas via geoprocessamento.

III) Litologia da bacia de contribuição das nascentes

Como indicam Moura e Sousa (2014) a análise da geomorfologia e da litologia em uma determinada bacia possui uma relevante justificativa, visto que ambos os ramos do conhecimento influenciam diretamente no tipo de uso e ocupação da mesma. Além disso, as duas ciências determinam também quais os tipos de manejo que devem ser seguidos para uma boa gestão de bacia, visando sempre um uso que se mantenha harmônico com a conservação dos recursos naturais situados na bacia.

Para além do argumento anterior, sabe-se também que nascentes e aquíferos possuem estreita relação, e este é outro ponto que deixa clara a relevância de se saber a geologia da bacia de contribuição onde a nascente se localiza. Manzione (2015, p.59) define um aquífero “como uma unidade geológica (formação ou grupo) saturada, que é constituída por rocha ou sedimento, suficientemente permeável ($> 5 \times 10^{-3}$ darcy ou 5×10^{-8} m/s) permitindo a extração de água de forma econômica e por meio de técnicas convencionais”. O autor ainda complementa que qualquer formação suficientemente permeável e porosa pode formar um aquífero.

Deste modo, percebe-se que uma boa caracterização geológica da área, além de dar suporte para uma boa gestão da mesma, também auxilia na identificação e caracterização de aquíferos e conseqüentemente de nascentes, em um determinado recorte espacial.

Além disso, como já discutido, o conhecimento acerca da geologia da bacia de contribuição também se mostra importante no entendimento na relação entre os processos de erosão e sedimentação presente nos corpos d'água da bacia, como evidencia Press *et al* (2006).

Deve-se ressaltar também que uma vez que se reconhece os tipos de rochas predominantes na bacia de contribuição, e conseqüentemente as características dessas rochas, é possível de se imaginar a influência que as mesmas fazem nas características químicas das águas dos aquíferos, que serão futuramente exfiltradas (LOPES, 2005). Por exemplo, em um

contexto de rochas básicas, espera-se que a água da nascente, apresente considerável alcalinidade, menor dureza e um PH mais básico. Inclusive essa caracterização é bastante útil na identificação de possíveis anomalias na qualidade da água. Ou seja, uma nascente inserida em um contexto de rochas básicas que apresente água com um PH muito baixo, demonstra que há algo de errado com aquele sistema.

Por fim, demonstra-se aqui como identificar qual a geologia da bacia a ser estudada. A forma mais simples de identifica-la, consiste em uma consulta aos mapas geológicos publicados a partir da década de 70, oriundos do projeto RADAM BRASIL, ou dos mapas geológicos disponibilizados pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais).

Ressalta-se também, que o IBGE também dispõe de bases cartográficas, de diferentes escalas de detalhamento, onde dependendo da área estudada, pode ser mais interessante fazer uso de mapeamentos em escalas de maior detalhamento. Os mapas advindos do RADAM BRASIL, CPRM e IBGE, são apenas uma sugestão. Caso o interessado na aplicação do índice disponha de algum outro mapa, e que julgue-o melhor para se trabalhar, ele poderá optar, normalmente, por fazer o uso desse.

Por fim, sugere-se que os dados geológicos sejam levantados previamente antes de se ir a campo.

Tendo em vista as muitas possibilidades de classificação quanto ao tipo de litologia da bacia de contribuição, caberá ao interessado desta caracterização, preenche-lo manualmente, após a consulta a órgãos que dispõe desses dados, como IBGE, RADAM ou CPRM.

IV) Litologia do aquífero da nascente

De acordo com a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, a litologia do aquífero, está intimamente atrelada à velocidade da água em seu meio, à qualidade da água e à sua qualidade ambiental. Essa litologia é decorrente da sua origem geológica, que pode ser fluvial, lacustre, eólica, glacial e aluvial (rochas sedimentares), vulcânica (rochas fraturadas) e metamórfica (rochas calcáreas), determinando assim, os diferentes tipos de aquíferos.

Manoel Filho (2008) define aquífero como uma formação geológica que contém água e permite que quantidades significativas dessa água se movimentem no seu interior em condições naturais. Algumas formações permeáveis, como as areias e os arenitos, configuram-se como aquíferos. Ainda segundo o mesmo autor, os aquíferos podem ser classificados de acordo com a pressão das águas nas suas superfícies limítrofes e, também, em função da capacidade de transmissão de água dessas respectivas camadas limítrofes.

Em relação à pressão nas superfícies limítrofes, os aquíferos podem ser classificados em: confinados, livres e suspensos .

Denomina-se aquífero livre, aquele “formado pela migração vertical e direta da precipitação” STEVAUX E LATRUBESSE, 2017, p. 49). Dessa forma, neste aquífero, existe uma superfície livre de água que se encontra sob pressão atmosférica (superfície piezométrica). Para Rebouças (2006), as águas oriundas dos aquíferos livres, encontram-se localizadas em camadas aflorantes de grande permeabilidade. Além disso, neste tipo de aquífero, como ressaltam Stevaux e Latrubesse (2017), a superfície freática, também conhecida como superfície que separa a zona saturada da não saturada, oscila verticalmente, conforme a intensidade das chuvas e infiltração. Todavia, deve-se atentar para o fato de os aquíferos livres, por serem de mais fácil acesso, se configuram como os mais explorados (ARANTES, 2003).

No que se refere aos aquíferos confinados, Stevaux e Latrubesse (2017), os definem como zonas saturadas localizadas em áreas recobertas por uma camada de rocha impermeável, desse modo, “a água ali estocada advém de locais mais distantes, e não da superfície imediatamente acima (...)” (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017, p. 49). Rebouças (2006), os qualifica como águas localizadas em camadas confinadas entre outras pouco permeáveis. Além disso, para Arantes (2003), é importante pontuar que os aquíferos confinados se localizam em uma área de pressão maior que a pressão atmosférica, entre superfícies caracterizadas por possuírem formação impermeável, e ainda, os destaca, como aquíferos de “grande fornecimento de água” (ARANTES, 2003, p. 4).

Já os denominados suspensos, caracterizam-se, segundo Stevaux e Latrubesse (2017), por zonas saturadas localizadas na parte superior da superfície freática regional, assim, de acordo com os autores, “como o solo e a rocha não são totalmente homogêneos, podem eventualmente apresentar zonas de baixa permeabilidade, (...), que impedem ou retardam a infiltração de água no aquífero” (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017, p. 49). Dessa maneira, podem ocorrer formações temporárias, ou até mesmo perenes, nesses locais. Em alguns casos, dadas características específicas de topografia, a água acumulada pode atingir a superfície e formar uma nascente temporária.

Já em relação à capacidade de transmissão de água, os aquíferos podem ser classificados em fissural, granular e carstico.

O aquífero granular é formado por rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados ou solos arenosos, onde a circulação da água ocorre nos poros formados entre os grãos de areia, silte e argila de granulação variada (GONÇALVES, SCUDINO e

SOBREIRA, 2005). Este tipo de aquífero constitui-se como um dos mais importantes, devido ao grande volume de água que armazenam, e por sua ocorrência em grandes áreas. Os autores ainda ressaltam que esses aquíferos são oriundos de bacias sedimentares e de várzeas onde se acumularam sedimentos arenosos. Ademais, uma particularidade desse tipo de aquífero é sua porosidade, frequentemente e homoganeamente distribuída, permitindo que a água flua para qualquer direção, em função dos diferenciais de pressão hidrostática ali existente.

Já o aquífero fissural forma-se por rochas ígneas, metamórficas ou cristalinas, duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fraturas, fendas e falhas, abertas em virtude do movimento tectônico. (REBOUÇAS, 2006). Normalmente, essas rochas são os calcários, dolomitos e mármores (SILVA, 1984). Ainda, para Rebolças (2006), a capacidade dessas rochas de acumularem água está atrelada à quantidade de fraturas, às suas aberturas e à intercomunicação, promovendo a infiltração e fluxo da água. Além disso, destaca-se que nesses aquíferos, a água apenas pode fluir onde houverem fraturas, que, quase sempre, tendem a ter orientações preferenciais.

Por fim, o aquífero cárstico, é aquele formado em rochas calcárias ou carbonáticas, onde a circulação da água ocorre nas fraturas e outras descontinuidades (diaclasses), oriundas da dissolução do carbonato pela água (SILVA, 1984). Essas aberturas podem atingir grandes dimensões, criando, nesse caso, verdadeiros rios subterrâneos. O autor ainda salienta que são aquíferos heterogêneos, descontínuos, com águas duras, com fluxo em canais.

Para que o pesquisador seja capaz de caracterizar, litologicamente, o aquífero da nascente, sugere-se que, o mesmo busque tais dados em fontes como IBGE, CPRM ou Radam Brasil.

Classificação do parâmetro Litologia do aquífero da nascente, quanto as suas características de pressão das águas em suas superfícies limítrofes

	Categorias Hierárquicas			
Litologia do aquífero da nascente, quanto as suas características de pressão das águas em suas superfícies limítrofes	Livres	Confinados	Suspensos	

Fonte: Elaborado pela autora

Classificação do parâmetro Litologia do aquífero da nascente, quanto a sua capacidade de transmissão de água

	Categorias Hierárquicas			
Litologia do aquífero da nascente, quanto a sua capacidade de transmissão de água	Fissural	Granular	Cárstico	

Fonte: Elaborado pela autora

V) Vazão da nascente

Segundo Cassiolato e Alves (2008, p.2) “vazão pode ser definida como sendo a quantidade volumétrica ou mássica de um fluido que escoar através de uma seção de uma tubulação ou canal por unidade de tempo”

A medida da vazão de uma nascente é um parâmetro de considerável importância para caracterizar o regime hidrológico da mesma, cujo comportamento é influenciado pelo índice pluviométrico, por sua localização e pela ação do homem sobre as condições naturais do ambiente o qual a nascente se insere (ARAÚJO FILHO, *et al.*, 2011).

Um dos métodos mais acessíveis para a medição da vazão é o método direto volumétrico. Esse, resume-se em selecionar um objeto cujo volume seja conhecido e verificar quanto tempo é necessário para que a água o preencha por completo com o auxílio de um cronômetro. O ideal é que este processo seja repetido de três a cinco vezes e que seja calculado a média dos resultados para uma melhor exatidão dos resultados.

Aconselha-se que esse seja o método utilizado para se conhecer a vazão da nascente avaliada. Uma vez que conhece-se o volume do objeto selecionado para coleta da água (geralmente medidores em litro ou mililitro), bem como o tempo levado para preenchê-lo, o pesquisador ou interessado terá, ao final da coleta, um determinado volume de água, preenchido em um determinado tempo. Esses dois valores deverão ser aplicados na seguinte fórmula:

FIGURA 10 – Cálculo da vazão

$$Q = \frac{V}{t} \quad , \text{ onde: } V = \text{volume, } t = \text{tempo, } Q = \text{vazão volumétrica.}$$

Fonte: Cassiolato e Orellana (2010)

Também recomenda-se que as medições sejam realizadas com intervalos de tempo ao longo de um período determinado, seja uma vez na semana ou uma vez ao mês. Assim é produzido uma série de dados que podem ser comparados e auxiliam na avaliação de impacto na nascente (SILVA, NETO E SILVA, 2014); (MOURA *et al*, 2015).

Também deve-se ressaltar que as medições devem ser sazonais, respeitando o ano hidrológico, tendo em vista que as nascentes apresentam comportamentos diferentes ao longo do verão e do inverno.

Por fim, destaca-se que Meinzer (1927) propôs uma tipologia das nascentes (springs) baseando-se em suas vazões, classificando-as quanto à magnitude dessa variável (FIGURA 11). A classificação de Meinzer (1927) é determinada pela média da descarga anual das nascentes (FELIPPE, 2009). Dessa forma, ao se mensurar a vazão da nascente, sugere-se que o pesquisador ou interessado a classifique quanto a sua magnitude.

FIGURA 11- Proposta de classificação de nascentes - springs - segundo a vazão, de Meinzer (1927)

Magnitude	Vazão (ft ³ /s, gal/min, pint/min)	Vazão (L/s)
1ª	> 100 ft ³ /s	> 2.800 L/s
2ª	10 a 100 ft ³ /s	280 a 2.800 L/s
3ª	1 a 10 ft ³ /s	28 a 280 L/s
4ª	100 gal/min a 1 ft ³ /s	6,3 a 28 L/s
5ª	10 a 100 gal/min	0,63 a 6,3 L/s
6ª	1 a 10 gal/min	63 a 630 mL/s
7ª	1 pint a 1 gal/min	8 a 63 mL/s
8ª	< 1 pint/min	< 8 mL/s
Magnitude 0	Sem vazão (locais de fluxo passado/histórico)	

Fonte: Marques, Magalhães JR e Oliveira, 2017

V) Declividade do canal de primeira ordem

Em 1952, Arthur Strahler em seus estudos referentes ao sistema de hierarquia fluvial, definiu que os menores canais, sem tributários, são considerados de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência (TORRES e MACHADO, 2012). Os autores também destacam que a declividade média é vista como um importante parâmetro na identificação das bacias (ou parte delas) mais vulneráveis à atuação de processos erosivos. Isso, devido ao fato de que a declividade controla, significativamente, a velocidade do

escoamento superficial, afetando assim na maior ou menor taxa de infiltração da água, engendrando picos de inundação e/ou a maior suscetibilidade de erosão dos solos.

As Leis de Horton nortearam o estudo e entendimento de algumas variáveis Hidráulicas-Geométricas (H-G), onde a declividade do canal é uma delas (GUPTA e MESA, 2014). Para que seja possível de se realizar o cálculo desta variável, deve-se levar em conta a amplitude altimétrica do canal, bem como seu comprimento (GUPTA e MESA, 2014). “ $H\omega$ é a queda na elevação, que pode ser definida como a diferença de elevação entre as junções inicial e final de um curso d’água completo (GUPTA e MESA, 2014, p.10, TRADUÇÃO NOSSA).

Deste modo, o comprimento do canal (e neste caso o de primeira ordem), pode ser definido a partir da seguinte formula:

$$S\omega = H\omega / L\omega^8$$

Onde:

$S\omega$ = Declividade do canal

$H\omega$ = Amplitude altimétrica

L = Comprimento do canal

Ao interessado na aplicação do índice, sugere-se duas possibilidades de mensuração para este parâmetro. A primeira, é via geoprocessamento e a segunda, seria manualmente, em campo, fazendo-se uso de uma fita métrica e um GPS, para que seja possível de se mensurar, respectivamente, o comprimento do canal e a amplitude altimétrica.

Para que fosse possível de se realizar a classificação quanto à declividade do canal, optou-se pelo uso das classes de declividade de Rosgen (1994), aplicadas ao padrão fluvial de unicanal. Dessarte, classificou-se a declividade do canal de primeira ordem da seguinte maneira:

Declividade do canal de primeira ordem	Categorias Hierárquicas		
	1 (Alta)	2 (Média)	3 (Baixa)
	$\geq 0,10$ m/m	0,04 – 0,10 m/m	0– 0,039 m/m

Fonte: Rosgen (1994)

VI) Usos da água da nascente

Conhecer quais são os usos das águas da nascente faz-se importante na definição da qualidade da água das mesmas e o quanto isso pode interferir, positiva ou negativamente, na dinâmica dos elementos de todo o sistema nascente e, conseqüentemente, na qualidade ambiental dos mesmos.

Os usos mais comumente associados à demandas de água no Brasil são: o abastecimento público, a navegação, os usos agrícolas, a irrigação, o turismo, os usos industriais, a pesca, a navegação, a irrigação, a recreação e a aquacultura (BARBOSA *et al*, 2008).

Ainda segundo a mesma autora, as principais conseqüências dos usos da água nas nascentes são: eutrofização das águas superficiais e subterrâneas; poluição orgânica; sedimentação de rios, lagos e represas; poluição industrial (metais pesados ou substâncias orgânicas); pesca extensiva e intensiva; introdução de espécies exóticas; remoção de espécies críticas; remoção de florestas e matas ciliares; deterioração dos mananciais e aumento dos custos do tratamento das águas (BARBOSA, *et al*, 2008).

Entretanto, deve-se atentar para o fato de que nascentes possuem tamanhos distintos. Dessa forma, nem sempre elas serão destinadas para os mesmos usos. Em outras palavras, uma nascente pode comportar usos e atividades, para a suas águas, como por exemplo irrigação entre outras atividades que demandam maior volume de água. Já outras nascentes, podem abarcar usos um pouco mais restritos a escala local e a uma menor demanda de volume de água, como por exemplo o abastecimento de uma residência, a dessedentação de animais, pequenas irrigações, etc.

Sugere-se para a verificação deste parâmetro duas possibilidades: I) Caso exista algum cuidador da nascente, ou moradores próximos, ou simplesmente pessoas que tenham certo conhecimento acerca daquela nascente, aconselha-se entrevista-los, informalmente, no intuito de levantar informações referentes à quais os usos destinados a nascente; II) Na ausência de qualquer pessoa a ser entrevistada, é recomendado que o aplicador busque observar indícios de algum uso da mesma.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com protocolo de caracterização em mãos o parâmetro Usos da água da nascente deve ser, visualmente, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro dos Usos da água da nascente

		Categorias Hierárquicas									
Usos da água da nascente	Abastecimento Público	Hidroeletricidade	Navegação	Irrigação	Recreação	Turismo	Aquacultura	Usos Industriais	Usos Agrícolas	Pesca Intensiva	Outros

Fonte: Adaptado de Barbosa *et al*, 2008

X) Morfologia da nascente

Entende-se como morfologia da nascente como “a forma de uma nascente consiste na descrição da morfologia do relevo nas imediações do ponto/área de exfiltração da água” (FELIPPE, *et al* 2009, p.6). Ademais, Felipe (2009) acrescenta que a morfologia da nascente define-se como um padrão morfológico da mesma, passível de se verificar empiricamente em campo no verão e no inverno com o auxílio de análises morfométricas.

Felipe (2013) descreve, morfologicamente, sete tipos de nascentes: as nascentes em canal, que geralmente configuram-se como ravinas ou sulcos erosivos; as nascentes em concavidade, que ocorrem em uma área semicircular deprimida em relação às suas imediações com abertura a jusante; a nascente em duto vertical/horizontal, (que são esculpidos sub-superficialmente) e que são conectados, em algum momento, com a superfície; nascentes em afloramento rochoso, onde não verifica-se uma forma específica para as nascentes, mas a exfiltração é condicionada pela rocha exumada; nascentes em cavidade, que também ocorrem uma área semicircular deprimida, entretanto, sem abertura a jusante, o que acarreta na existência de poças antes da formação do fluxo.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com protocolo de caracterização em mãos o parâmetro Morfologia da nascente deve ser, visualmente, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Morfologia da nascente

		Categorias				
Morfologia da nascente	Canal	Concavidade	Duto Vertical	Duto Horizontal	Cavidade	Afloramento Rochoso

Fonte: Felipe 2009

XII) Tipo de exfiltração

Segundo Felipe *et al* (2009), a exfiltração é essencial para a presença de uma nascente, estando ligado diretamente ao significado dessa. Destaca-se que a exfiltração irá auxiliar na permanência do próprio curso d'água quanto a sua própria classificação como perene ou intermitente.

Pode-se afirmar que a exfiltração se traduz como o afloramento da água subterrânea na superfície e isso ocorre pois "os fluxos subterrâneos convergem para zonas de menor potencial hidrométrico, promovendo uma diferença de energia que resulta na exfiltração da água para a superfície" (FELIPPE *et al*, 2009 apud TODD; MAYS, 2005).

De acordo com Felipe (2009) existem três tipos de exfiltração, as quais serão aqui brevemente apresentadas. O primeiro tipo de exfiltração, é a pontual, que consiste quando a água do aquífero é exfiltrada por um ponto determinado, "facilmente individualizado de seu entorno justamente pelo afloramento da água subterrânea" (FELIPPE, 2009, p.116). O segundo tipo, configura-se como exfiltração difusa que se apresenta quando não há possibilidade de delimitar, com clareza e exatidão, um ponto de exfiltração. Esse tipo de exfiltração origina terrenos de solo encharcado, onde identifica-se apenas a jusante do canal. Um típico exemplo de nascentes difusas são os brejos. Por fim, a compreende-se a exfiltração múltipla como casos intermediários entre as pontuais e as difusas, pois essas podem ser constituídas por uma série de exfiltrações ou mesmo por várias áreas de exfiltração (FELIPPE, 2009).

Deve-se ressaltar também a problemática que envolve as nascentes antropogênicas e sua íntima relação com a exfiltração. Essas nascentes em questão, são oriundas de interferências humanas, que conseqüentemente podem estimular a exfiltração de água em áreas em que naturalmente isso não se sucederia (FELIPPE *et al*, 2009).

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com protocolo de caracterização em mãos o parâmetro Tipo de exfiltração deve ser, visualmente, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Tipos de Exfiltração

Tipos de exfiltração	Categorias			Antropogênicas
	Pontual	Difusa	Múltipla	

Fonte: Felipe 2009

XII) Mobilidade da nascente

A mobilidade de uma nascente está vinculada à sua localização na vertente, uma vez que esses sistemas ambientais, podem sofrer alterações devido à sazonalidade climática do local onde estão inseridos (FARIA, 1997). Consequentemente, a localização do ponto de exfiltração da água subterrânea pode se modificar (para montante ou para jusante) em concordância com a quantidade disponível de água do aquífero (FELIPPE, 2009).

Day (1978) afirma que, devido à subida do nível do lençol freático durante as chuvas, o talvegue fica saturado e a água aflora, formando nascentes que sobem a calha em direção à montante. Quando o período de estiagem retorna, o nível freático desce e as nascentes tendem a migrar para posições inferiores até alcançar o limite superior do segmento perene, quando o canal intermitente volta a ficar seco (FARIA, 1997, p. 76).

A classificação das nascentes quanto a sua mobilidade traduz-se em fixa ou móvel. As nascentes fixas preservam a sua posição independente dos fatores climáticos. Já as móveis, a sua localização muda em decorrência das condições sazonais. Deve ser destacado que a mobilidade de nascentes está relacionada às épocas chuvosas do verão e às épocas de menor pluviosidade do inverno, baseando-se no balanço hídrico do clima tropical úmido (FELIPPE, 2009).

Devido a possibilidade de haver mudanças da posição da nascente de montante a jusante, em determinados momentos ao longo do ano, é fundamental, selecionar uma escala temporal de observação. É importante ressaltar que a classificação de mobilidade pode ser alterada, não sendo estática. Isso se decorre, por exemplo, da probabilidade da nascente se manter fixa em épocas de alta pluviosidade, mas ao passar por um período de seca se movimentar mais próximo à jusante (FELIPPE, 2009).

Para se averiguar se uma nascente é móvel ou fixa, aconselha-se a realização de dois trabalhos de campo, sendo um no inverno e outro no verão. Em ambos os campos, o aplicador deverá fazer o uso de uma estaca e firma-la exatamente onde está o ponto de exfiltração. Na outra estação, o aplicador deverá retornar à nascente e verificar se o ponto de exfiltração ainda se encontra próximo à estaca. Caso positivo, a nascente se apresentou como fixa. Caso contrário, o aplicador deverá verificar se a nascente secou ou se migrou. Caso tenha migrado, deve-se procurar a montante ou a jusante o novo ponto de exfiltração e marca-lo com a estaca. Assim, será possível de se mensurar quantos metros a nascente migrou.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com protocolo de caracterização em mãos o parâmetro Mobilidade das nascentes deve ser, visualmente,

classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Mobilidade

	Categorias	
Mobilidade	Fixa	Móvel

Fonte: Felipe 2009

XIII) Sazonalidade das nascentes

A vazão das nascentes está intimamente relacionada à variabilidade temporal da exfiltração das mesmas. Desta maneira, as nascentes podem ser perenes, intermitentes ou efêmeras, de acordo com o período de escassez de água que apresentam (VALENTE e GOMES, 2005); (FELIPPE, 2009).

As nascentes perenes são as que se manifestam essencialmente durante o ano todo, ainda que suas vazões variem ao longo do mesmo. Em épocas muito secas e em locais onde o leito do curso d'água seja formado de material muito poroso, o seu ponto de afloramento pode ficar difuso. As nascentes intermitentes fluem durante a estação chuvosa, mas secam durante a estação seca, onde os fluxos podem perdurar de poucas semanas até meses. Em anos muito chuvosos, podem dar a impressão de serem perenes. Já as nascentes efêmeras ocorrem apenas em resposta direta e imediata ao evento de precipitação, sendo mais frequentes nas regiões áridas e semi-áridas, ainda que ocorram em todos os tipos de clima (NETO, 2010).

Assim como para se averiguar se uma nascente é móvel ou fixa, aconselha-se também a realização de dois trabalhos de campo, (inverno e verão) para saber a sazonalidade da nascente. Desta maneira, só será possível de se afirmar se uma nascente é perene, intermitente ou efêmera, ao final do ano hidrológico.

Uma vez que o pesquisador ou interessado estiver em campo e com protocolo de caracterização em mãos o parâmetro Sazonalidade das nascentes deve ser, visualmente, classificado da seguinte maneira:

Classificação do parâmetro Sazonalidade das nascentes

	Categorias Hierárquicas		
Sazonalidade	Perenes	Intermitentes	Efêmeras

Fonte: Felipe 2009

Os 12 parâmetros dispostos acima, não constituem o índice em si, mas devem ser considerados como importantes aliados na interpretação dos resultados do índice. Isso, porque uma prévia caracterização da nascente avaliada, auxilia e muito, no entendimento da qualidade ambiental da mesma.

Dessa forma, serão disponibilizados aos gestores e demais interessados na aplicação do índice, dois protocolos: um protocolo de caracterização das nascentes, com os 12 parâmetros supracitados e um outro protocolo de avaliação ambiental, contendo o índice aqui desenvolvido.

Deve-se salientar que apenas a aplicação do índice em si, independe da aplicação do protocolo de caracterização das nascentes. Mas uma concisa e robusta interpretação dos resultados do índice só será possível a luz da caracterização das nascentes.

4.2.3 A integração estatística dos parâmetros

Como já descrito no capítulo metodológico deste trabalho, a integração estatística dos parâmetros a fim de transforma-los em indicadores, se deu através do cruzamento dos mesmos. Assim, uma vez que dispunha-se de quatro parâmetros de Pressão, quatro de Estado e quatro de Resposta, o objetivo final do cruzamento dos parâmetros entre si, seria alcançar um indicador de Pressão, um de Estado e um de Resposta.

Tomar os dois pares de parâmetros, cruza-los entre si, obtendo um par, e cruza-los novamente, logrando apenas um indicador final, ainda que se configure como uma lógica quantitativa, diminui o grau de subjetividade dos parâmetros. Isso se dá, devido ao fato de que a subjetividade está nos parâmetros de entrada, uma vez que realiza-se o cruzamento entre eles, o indicador final se torna mais objetivo.

4.2.3.1 Obtenção do indicador de Pressão

Para se obter o indicador final de Pressão, foi realizado o seguinte procedimento:

Os parâmetros de entrada eram:

- Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente;
- Degradação na APP da nascente;
- Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente;

- Assoreamento na nascente

Desta forma, cruzou-se primeiro o parâmetro *Assoreamento na nascente* com o parâmetro *Degradação na APP da nascente*. Este cruzamento gerou o parâmetro *Morfodinâmica da nascente*.

Salienta-se que o cruzamento desses dois parâmetros tendem a representar a Morfodinâmica da nascente, ou seja, são parâmetros representativos e não categorias, propriamente ditas, de Morfodinâmica da nascente. Em outras palavras, deve-se ter em mente, que assoreamento na nascente e Degradação da APP da nascente não se resumem na Morfodinâmica da nascente, são apenas maneiras de caracteriza-la. O mesmo raciocínio deve ser seguido para o cruzamento dos demais parâmetros de Estado e Resposta.

Deve-se ressaltar que optou-se por nivelar os resultados deste primeiro cruzamento em três categorias, engendrando três respostas: nível 1, que significava que a nascente estava ruim; nível 2, que significava que ela estava média e nível 3, que significava que ela estava boa.

A título de esclarecimento, os parâmetros de entrada também foram nivelados em 1, 2, 3, como observa-se no quadro 8. Esses nivelamentos, correspondem às classificações desses parâmetros, realizadas no tópico anterior desta dissertação. Ou seja, As intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente de nível 3, representam poucas intervenções; o nível 2 um médio número de intervenções e o nível 1 muitas intervenções. O mesmo raciocínio se aplica para a Degradação na APP da nascente, onde o nível 3 retrata menos de 30% da área degradada, o nível 2 de 30 a 70% de área degradada e o nível 1 uma porcentagem superior a 70%.

QUADRO 8– O cruzamento do parâmetro *Degradação na APP da nascente* com o parâmetro *Assoreamento na nascente*

Degradação na APP da nascente.	Assoreamento na nascente		
	3	2	1
3	3	2	2
2	2	2	1
1	2	1	1

Abaixo segue a classificação do parâmetro *Morfodinâmica da nascente*, fruto do cruzamento ilustrado acima:

Morfodinâmica da nascente	Categorias Hierárquicas		
	Intensa (nível 1)	Moderada (nível 2)	Fraca (nível 3)

Dessarte, concluiu-se que a resposta do parâmetro de *morfodinâmica da nascente*, é apresentado em três níveis 1, 2 e 3 que representam, respectivamente, as categorias intensa, moderada, fraca.

Posteriormente, cruzou-se o segundo par de parâmetros, *Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente* com *Intervenções diretas com Modificação das características morfológicas da nascente*. Este cruzamento deu origem ao parâmetro *Contato com a nascente*. Para o conhecimento da classificação das três categorias de cada um dos parâmetros, de entrada, aconselha-se a retomar o tópico anterior a este, nomeado “parâmetros que integram o índice”

QUADRO 9 – O cruzamento do parâmetro *Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente* com o parâmetro *Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente*.

Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente

Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	Categorias Hierárquicas		
	3	2	1
3	3	2	1
2	2	2	1
1	2	1	1

Abaixo segue a classificação do parâmetro *Contato com a nascente*, fruto do cruzamento ilustrado acima:

Contato com a nascente	Categorias Hierárquicas		
	Intenso (nível 1)	Moderado (nível 2)	Fraco (nível 3)

Por fim, foi realizado o cruzamento dos parâmetros *Morfodinâmica da nascente* e *Contato com a nascente*, engendrando o Indicador de Pressão.

Como também já exposto no capítulo metodológico, para esse cruzamento (QUADRO 10), decidiu-se nivelar os resultados em três categorias hierárquicas, só que desta vez, originando cinco respostas. Sobre as cinco respostas, elas foram representadas da seguinte maneira: nível 1: péssimo; nível 2: ruim; nível 3: médio; nível 4: bom; nível 5: excelente.

Assim, salienta-se que, somente os indicadores finais (de Pressão, Estado e Resposta) apresentarão cinco respostas, ainda que em três categorias.

QUADRO 10- Cruzamento os parâmetros *Morfodinâmica da nascente* com *Contato com a nascente*

Contato com a nascente	Morfodinâmica da nascente		
	3	2	1
3	5	4	3
2	4	3	2
1	3	2	1

Desta maneira, o interessado em aplicar o índice, começará pelo indicador de Pressão supracitado, onde ele poderá ser classificado de cinco formas diferentes, recebendo uma nota de 1 a 5. Em linhas gerais, o aplicador chegará a conclusão de o indicador de Pressão se encontra péssimo, ruim, médio, bom ou excelente.

4.2.3.2 Obtenção do indicador de Estado

O mesmo processo será realizado a fim de se alcançar o indicador de Estado e o de Resposta. Assim, para se obter o indicador final de Estado, levou-se em conta, primeiramente, os quatro parâmetros de entrada:

- Coliformes termotolerantes na água;
- Eutrofização na água;
- DBO na água;
- Óleos e graxas na água;

Seguindo os mesmos passos feitos na integração dos parâmetros de Pressão, cruzou-se primeiro o parâmetro *Coliformes Termotolerantes na água* com o *DBO na água* (QUADRO 11). Este cruzamento gerou o parâmetro *Poluição⁹ microbiológica na nascente*. Destaca-se

⁹ Braga *et al* (2002, p. 81), ao discutir acerca da poluição das águas, ressalta que “é importante distinguir a diferença entre os conceitos de poluição e contaminação, já que ambos são às vezes utilizados como sinônimos. A contaminação refere-se à transmissão de substâncias ou microorganismos nocivos à saúde pela água. A ocorrência da contaminação não implica necessariamente um desequilíbrio ecológico. Assim, a presença na água de organismos patogênicos prejudiciais ao homem não significa que o meio ambiente aquático esteja ecologicamente desequilibrado. De maneira análoga, a ocorrência de poluição não implica necessariamente

que, novamente, nivelou-se os resultados deste primeiro cruzamento em três categorias, engendrando três respostas.

QUADRO 11- O cruzamento dos parâmetros *Coliformes Termotolerantes na água* com o *DBO na água*

		Coliformes Termotolerantes na água		
		3	2	1
DBO na água	3	3	2	2
	2	2	2	1
	1	2	1	1

Abaixo segue a classificação do parâmetro *Poluição microbiológica na nascente*, fruto do cruzamento ilustrado acima:

Poluição microbiológica na nascente	Categorias Hierárquicas		
	Intensa (nível 1)	Moderada (nível 2)	Fraca (nível 3)

Em seguida, cruzou-se o segundo par de parâmetros, *Eutrofização na água* com *Óleos e graxas na água* (QUADRO 12). Este cruzamento deu origem ao parâmetro *Poluição bioquímica na nascente*.

QUADRO 12- Cruzamento dos parâmetros *Eutrofização na água* com *Óleos e graxas na água*

		Óleos e graxas na água		
		3	2	1
Eutrofização na água	3	3	2	2
	2	2	2	1
	1	2	1	1

Abaixo segue a classificação do parâmetro *Poluição bioquímica na nascente*, fruto do cruzamento ilustrado acima:

riscos à saúde de todos os organismos que fazem uso dos recursos hídricos afetados. Por exemplo, a introdução de calor excessivo nos corpos de água pode causar profundas alterações ecológicas no meio sem que isso signifique necessariamente restrições ao seu consumo pelo homem.”

Poluição bioquímica na nascente	Categorias Hierárquicas		
	Intensa (nível 1)	Moderada (nível 2)	Fraca (nível 3)

Por fim, foi realizado o cruzamento dos parâmetros *Poluição microbiológica na nascente* e *Poluição bioquímica na nascente* (QUADRO 13), engendrando o Indicador de Estado. Como também já exposto no capítulo metodológico, para esse cruzamento, decidiu-se nivelar os resultados em três categorias hierárquicas, só que desta vez, originando cinco respostas.

QUADRO 13- Cruzamento dos parâmetros *Poluição microbiológica na nascente* E *Poluição bioquímica na nascente*

Poluição bioquímica na nascente	Poluição microbiológica na nascente		
	3	2	1
3	5	4	3
2	4	3	2
1	3	2	1

4.2.3.3 Obtenção do indicador de Resposta

Por fim e não menos importante, para a obtenção do indicador final de Resposta, levou-se em consideração os quatro parâmetros de entrada:

- Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes;
- Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes;
- Articulação entre população e entidades de regulação;
- Combate e – ou controle de processos erosivos na APP

Assim, cruzou-se o parâmetro *Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes* com o parâmetro *Articulação entre população e entidades de regulação* (QUADRO 14). Este cruzamento gerou o parâmetro de *Governança*. Também, nivelou-se os resultados deste primeiro cruzamento em três categorias, engendrando três respostas.

QUADRO 14 – Cruzamento do parâmetro *Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes* com o parâmetro *Articulação entre população e entidades de regulação*

Articulação entre população e entidades de regulação	Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes		
	3	2	1
3	3	2	2
2	2	2	1
1	2	1	1

Abaixo segue a classificação do parâmetro de *Governança*, fruto do cruzamento ilustrado acima:

Governança	Categorias Hierárquicas		
	Rara (nível 1)	Pouco vigente (nível 2)	Vigente (nível 3)

Em seguida, cruzou-se o segundo par de parâmetros *Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes* com *Combate e – ou controle de processos erosivos na APP* (QUADRO 15). Este cruzamento deu origem ao parâmetro *Recuperação ambiental das nascentes*.

QUADRO 15 – Cruzamento dos parâmetros *Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes* com *Combate e – ou controle de processos erosivos na APP*

Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes		
	3	2	1
3	3	2	2
2	2	2	1
1	2	1	1

Abaixo segue a classificação do parâmetro de *Recuperação ambiental de nascentes*, fruto do cruzamento ilustrado acima:

Recuperação ambiental de nascentes	Categorias Hierárquicas		
	Rara (nível 1)	Pouco vigente (nível 2)	Vigente (nível 3)

Fonte: elaborado pela autora

Por último, foi realizado o cruzamento dos parâmetros de *Governança* e de *Recuperação ambiental* engendrando o Indicador de Resposta (QUADRO 16). Como também já exposto no capítulo metodológico, para esse cruzamento, decidiu-se nivelar os resultados em três categorias hierárquicas, só que desta vez, originando cinco respostas.

QUADRO 16- Cruzamento dos parâmetros de *Governança* e *Recuperação ambiental*

Parâmetros de Recuperação Ambiental	Parâmetros de Governança		
	3	2	1
3	5	4	3
2	4	3	2
1	3	2	1

Ao final da integração estatística dos parâmetros, o índice de qualidade ambiental de nascentes começou a tomar forma. Deste modo, os três indicadores finais que comporiam o índice seriam: Indicador de Pressão, Indicador de Estado e Indicador de Resposta.

4.2.4 A hierarquização dos resultados

A integração desses três indicadores entre si, como já explicado no capítulo anterior, foi realizada a luz dos preceitos da análise combinatória, que originou 35 combinações, onde o indicador final originou cinco níveis de estado, cinco níveis de pressão e cinco níveis de resposta. Cada um desses cinco níveis foram combinados, sem repetições, apresentados na forma de três algarismos justapostos, de forma ordenada, do menor para o maior. Esses três algarismos sempre aparecerão como 1 ou 2 ou 3 ou 4 ou 5.

O quadro 17 apresenta todas as combinações possíveis que foram geradas e que, consequentemente, representam os possíveis resultados que o índice pode apresentar, onde uma nascente com a combinação 111 é o pior cenário possível de qualidade, assim como a combinação 555 é a melhor possibilidade de qualidade ambiental.

QUADRO 17 – Todas as possíveis opções de respostas do índice

111	124	155	235	344
112	125	222	244	345
113	133	223	245	355
114	134	224	255	444
115	135	225	333	445
122	144	233	334	455
123	145	234	335	555

Elaborado pela autora

Percebe-se então, que três Algarismos combinados entre si irão representar a qualidade ambiental das nascentes avaliadas. Ademais, como já descrito acima, quanto mais o Algarismo 5 aparecer no índice, melhor a qualidade ambiental daquela nascente. Em contrapartida, quanto maior o número de aparições do Algarismo 1, pior é a sua qualidade ambiental.

Em uma situação hipotética, o índice que apresentar a combinação 155 como resultado final, mostrará que essa nascente, apresenta uma melhor qualidade ambiental, do que, por exemplo, a combinação 345. Justifica-se pelo fato de que a primeira situação, apresenta mais Algarismos 5 do que a segunda.

Ainda tomando a combinação 155 como exemplo, mesmo que ela mostre que essa nascente apresente uma ótima qualidade ambiental (pois apresenta dois Algarismos 5), também evidencia-se uma falha em algum dos indicadores do índice. Isso permite ao pesquisador, ou qualquer outro interessado na aplicação do índice, averiguar qual indicador merece atenção e, principalmente, qual indicador merece ser retomado para análise ambiental, no intuito de se verificar o que está acontecendo para que ele esteja apresentando uma resposta tão baixa.

A possibilidade de se retomar ao indicador que apresente alguma falha, objetivando melhorá-lo evidencia que este índice foi construído de uma forma que ele possa ser revisto, dentro dos níveis hierárquicos que ele abarca. Em outras palavras, este índice é sintético, como todos devem ser, mas ao mesmo tempo ele permite que se averigüe o que pode estar acontecendo com algum dos indicadores.

4.2.5 Percurso metodológico para aplicação do PAAN

A aplicação do PAAN deverá ser realizada a luz dos seguintes passos:

Passo 1: Aplicação do checklist para a coleta dos dados do protocolo de avaliação

Visando a aplicação dos checklists de caracterização e avaliação das nascentes, primeiramente, deve-se realizar a coleta dos dados requeridos no protocolo de avaliação. O levantamento dos dados, deverá ser realizado de três diferentes formas, dependendo da natureza dos mesmos. São elas: via geoprocessamento, análise laboratorial e levantamento em campo. O quadro 18 , corresponde aos parâmetros pertencentes ao protocolo de caracterização das nascentes, onde os mesmos foram dispostos segundo a sua forma de coleta.

QUADRO 18 Parâmetros de caracterização de nascentes e suas respectivas formas de caracterização

Geoprocessamento	Levantamento em campo
Tipo de uso e ocupação da terra na APP	Profundidade do solo
Tipo de uso e ocupação da terra na Bacia de contribuição	Vazão da nascente
Litologia da Bacia de contribuição	Usos da água da nascente
Litologia do aquífero da nascente	Morfologia da nascente
Declividade do canal de primeira ordem	Tipo de exfiltração
	Mobilidade da nascente
	Sazonalidade das nascentes

Fonte: Elaborado pela autora

Já o quadro 19 , corresponde aos parâmetros pertencentes ao protocolo de avaliação das nascentes (o índice propriamente dito), onde os mesmos foram dispostos segundo a sua forma de coleta.

QUADRO 19 - Parâmetros pertencentes ao protocolo de avaliação com suas respectivas formas de coleta

Geoprocessamento	Análise laboratorial	Levantamento em campo	Levantamento em gabinete
Degradação na APP da nascente ^{10*}	Coliformes termotolerantes na água	Óleos e graxas na água	Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes
	Eutrofização na água (através da análise do Fósforo)	Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes
	DBO na água	Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	Articulação entre população e entidades de regulação Combate e – ou controle de processos erosivos na APP
		Assoreamento na nascente	
		Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	
		Articulação entre população e entidades de regulação	
		Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	

Fonte: Elaborado pela autora

¹⁰ O parâmetro Degradação na APP da nascente também pode ser medido em campo, desde que via geoprocessamento, o pesquisador faça um levantamento do tamanho da área da APP.

Passo 2: Preenchimento do protocolo de caracterização de nascentes

Uma vez que foram adquiridos os dados necessários para a caracterização das nascentes, este segundo passo consiste em utiliza-los para preencher o protocolo de caracterização das mesmas.

Passo 3: Preenchimento do protocolo de avaliação de nascentes

Assim como no passo anterior, tendo-se o levantamento dos dados necessários para a avaliação ambiental das nascentes, este passo visa utiliza-los no preenchimento do protocolo de avaliação das mesmas.

Passo 4: Categorização dos doze parâmetros de avaliação ambiental

A categorização dos parâmetros de avaliação ambiental será realizada a partir da classificação dos mesmos, como já demonstrado no tópico anterior. Ou seja, para cada um dos quatro parâmetros de Pressão, de Estado e de Resposta, o aplicador deverá classifica-lo em nível 1, nível 2 ou nível 3.

Toma-se aqui, como exemplo, o parâmetro de Pressão “Degradação na APP da nascente”. Após a mensuração em campo ou via geoprocessamento, verifica-se que a APP da nascente apresenta menos de 30% de sua área degradada. Segundo a classificação disposta no checklist de avaliação, este parâmetro deverá ser classificado como nível 3.

Passo 5: Cruzamento dos 12 parâmetros

Uma vez que dispõe-se da categorização de cada um dos doze parâmetros, a próxima etapa é a realização do cruzamento desses doze parâmetros, por intermédio de uma matriz hierárquica bidimensional.

Tomando-se, novamente, como exemplo os parâmetros de pressão, após a categorização dos 4 parâmetros, foi concluído – em uma situação hipotética- que o parâmetro Degradação da APP da nascente apresentava um nível 3 e o parâmetro Assoreamento na Nascente um nível 3. Dessa forma, cruza-se ambos os parâmetros de nível 3 e 3 onde, seguindo a matriz disposta no capítulo 3, o parâmetro oriundo deste cruzamento (o parâmetro Morfodinâmica da nascente), apresentará um nível 3.

O mesmo procedimento será realizado com os outros dois parâmetros de pressão, onde supõe-se que o parâmetro Acesso à nascente tenha sido classificado como nível 3 e o parâmetro Intervenções morfológicas na nascente como nível 1. Assim, cruza-se também ambos os parâmetros, obtendo um parâmetro final (denominado parâmetro de Contato com a nascente) de nível 2.

Por fim, cruzando os parâmetros de níveis 3 e 2, será alcançado, um indicador final de pressão, de nível 4.

Os mesmos passos deverão ser executados para os parâmetros de Estado e de Resposta, onde ao final, será obtido os 3 níveis de cada indicador.

Passo 6: Integração dos indicadores

Uma vez que tem-se em mãos as categorizações de cada um dos indicadores, basta apenas integra-los, para que se possa avaliar e entender a nascente estudada. Supondo-se que o indicador de Pressão seja de nível 4, o de Estado de nível 5 e o de Resposta de nível 1, tem-se, então, uma nascente 145, visto que os parâmetros são organizados sempre do menor para o maior.

A Figura 12 ilustra os 7 passos descritos acima.

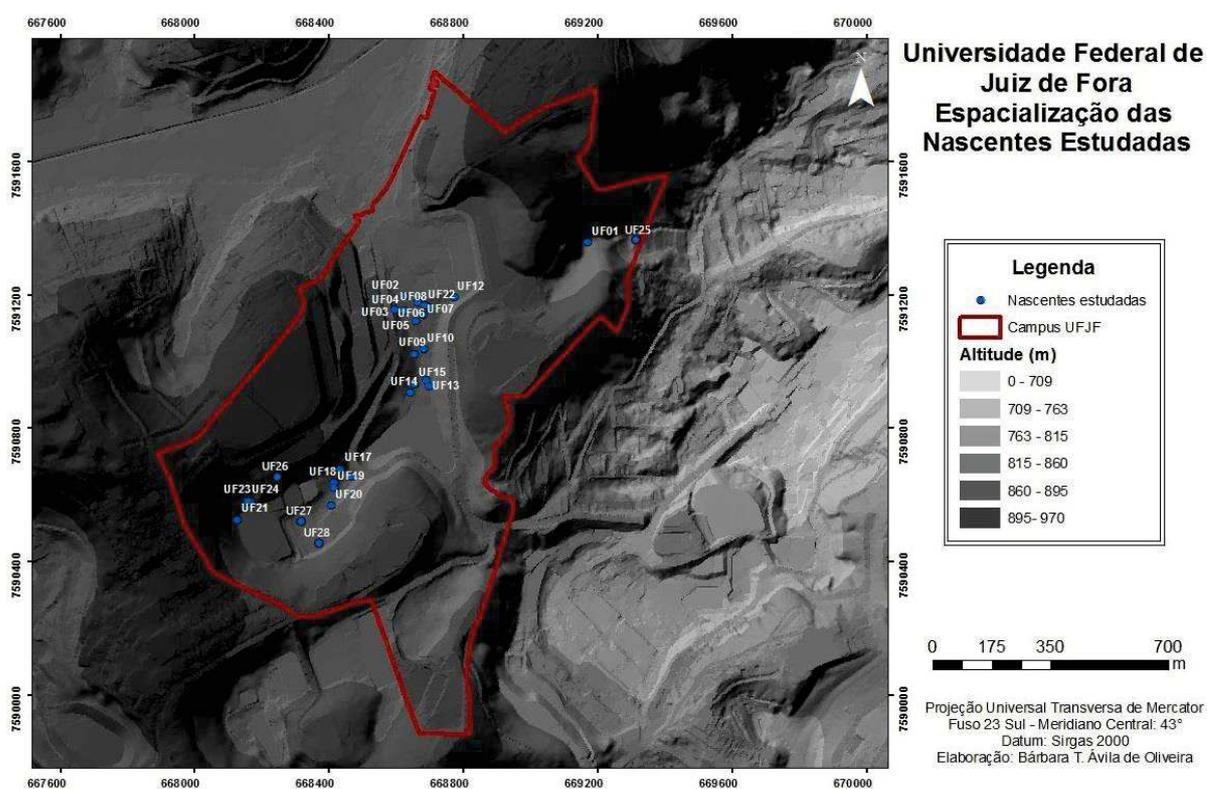
FIGURA 12 - Percursos metodológicos para a aplicação do PAAN



5- VERIFICAÇÃO DA APLICABILIDADE DO PAAN

No intuito de se averiguar a valia do índice desenvolvido, foram realizadas 8 campanhas de campo, entre os dias 10 a 21 de maio, a fim de se avaliar as 25 nascentes previamente identificadas no *campus* da UFJF. Destaca-se, que este número se alterou para 28, visto que foram observadas três novas nascentes antropogênicas, oriundas das obras realizadas na Faculdade de Educação Física e Desportos, da UFJF. A Figura 13 ilustra a espacialização das 28 nascentes encontradas na UFJF.

FIGURA 13 – Espacialização das nascentes da Universidade Federal de Juiz de Fora



Fonte: Adaptado de Moura *et al* (2012)

Ao longo das oito campanhas de campo, além da aplicação do índice propriamente dito, amostras da água das nascentes foram colhidas, para posteriormente, serem analisadas em laboratório. Como já explicado anteriormente, alguns dados do protocolo de caracterização não são possíveis de se visualizar em campo, portanto, suas mensurações foram executadas, seguidamente, em gabinete.

Deve-se lembrar que os parâmetros de Estado a serem averiguados para este índice deveriam ser: Coliformes Termotolerantes, DBO, Eutrofização e Óleos e graxas. Entretanto,

dois desses parâmetros, foram substituídos nesta pesquisa, por questões técnicas, elucidadas em breve.

Destaca-se que as análises de Coliformes Termotolerantes, foram realizadas por intermédio da técnica colipaper, já discutida no capítulo 4. Já a análise dos Óleos e Graxas foi feita em campo, não demandando o uso de algum laboratório. Entretanto, as análises de DBO e Eutrofização, se mostraram bastante difíceis de serem executadas tendo em vista o orçamento disponível para a pesquisa, os equipamentos acessíveis para a data prevista bem como a necessidade de cumprimento do cronograma.

Em relação ao DBO, viu-se uma grande dificuldade em se encontrar, dentro do prazo disponível, laboratórios que disponibilizassem os ensaios desse parâmetro. Deste modo, apenas para esta pesquisa, única e exclusivamente para não comprometer, totalmente, a verificação da aplicabilidade do índice, optou-se por substituir o DBO pelo OD. É de suma importância ressaltar, que qualquer pesquisador ou interessado em aplicar o índice, em uma situação normal, deva optar pela DBO e não pelo OD. A não ser que o pesquisador seja obrigado a realizar adaptações, a luz de problemas técnicos, como nesta pesquisa.

Salienta-se que a escolha por substituir o OD pela DBO, deu-se, primeiramente, pelo fato de que os painelistas mantiveram este parâmetro para a segunda rodada do Delphi, e segundo, pelo fato de que OD e DBO possuem uma estreita relação, pois a DBO, configura-se, em linhas gerais, como a quantidade de oxigênio utilizada na oxidação bioquímica da matéria orgânica. Dessa forma, a mensuração da quantidade de oxigênio consumido no processo biológico de oxidação da matéria orgânica permite concluir que grandes quantidades de matéria orgânica utilizam grandes quantidades de oxigênio, assim, quanto maior o grau de poluição, maior a DBO e menor o OD. Visto isso, o parâmetro OD foi analisado por intermédio de uma sonda, cujo eletrodo é capaz de mensurar a quantidade de oxigênio dissolvido existente na água a ser analisada.

Em relação à Eutrofização, observou-se o mesmo problema. Não foi possível de se realizar as análises dentro do prazo requerido, devido à dificuldade de se encontrar um laboratório que trabalhasse com os reagentes necessários, somado a dificuldade de se encontrar um laboratório a um custo acessível a realidade deste trabalho. Assim como com o DBO, única e exclusivamente para esta pesquisa, o parâmetro Eutrofização foi substituído.

A substituição da Eutrofização foi um pouco mais complicada pois os outros parâmetros selecionados pelos especialistas que se assemelham a ela eram, justamente, a DBO e o OD (um inviável e o outro já utilizado). Desta forma, a solução encontrada foi retomar ao ranking de parâmetros de Estado elencados pelos painelistas e selecionar o quinto

mais bem votado. Assim, para a aplicação deste índice e para o cruzamento dos dados, o parâmetro utilizado foi o Chumbo na água. A análise laboratorial do Chumbo foi bastante acessível e dentro de um prazo que condizia com o previsto para a finalização desta pesquisa.

Visto isso, especificamente neste trabalho, os parâmetros laboratoriais utilizados para esta verificação, foram OD, Chumbo na água e Coliformes Termotolerantes. Contudo, na busca por laboratórios que fornecessem os tipos de análise supracitados, notou-se uma significativa dificuldade em encontra-los. Os laboratórios a disposição para análise ou não possuíam, temporariamente, disponibilidade para os ensaios, ou se mostravam financeiramente inviáveis para a realidade desta pesquisa, visto o número expressivo de amostras (29) a serem analisadas.

Desta forma, refletiu-se que a mesma dificuldade encontrada nesta pesquisa, tanto em termos de logística, quanto em termos financeiros, também poderia ser a mesma dificuldade enfrentada por pequenos produtores interessados na aplicação do índice, ou por qualquer outro interessado, com recursos escassos e limitados para a execução do índice. Visto isso, optou-se pela elaboração de dois Protocolos de Avaliação Ambiental de Nascentes: um protocolo técnico, com todos os parâmetros laboratoriais elegidos pelos painelistas, para aqueles que possuem condições de arcarem com os custos das análises laboratoriais; e um protocolo simplificado, adaptado à realidade de quem for aplicar o índice, ou seja, um protocolo que não demandasse tantas análises bioquímicas. O protocolo técnico deve ser seguido a risca, respeitando a escolha de todos os parâmetros por parte dos painelistas.

Já o protocolo simplificado, contaria com mudanças, apenas nos parâmetros de Estado, que são, justamente, aqueles cuja verificação demandam análises laboratoriais. Deste modo, ressalta-se que todos os outros parâmetros (de Pressão e de Resposta), irão permanecer, fielmente, em ambo os protocolos, devido a sua facilidade de averiguação em campo. Ainda que o checklist de caracterização contenha itens bastante específicos acerca das nascentes, que, conseqüentemente, demandam leitura para serem compreendidos, todos os parâmetros foram mantidos. Contudo, o checklist de caracterização, deverá vir com um pequeno resumo e imagens, elucidando e ilustrando cada parâmetro, afim de que o interessado em aplicar o índice não seja prejudicado.

Assim, em relação aos parâmetros de Estado, optou-se por trocar os parâmetros *DBO na água* e *Chumbo na água*, por *Turbidez* e *Presença de materiais flutuantes na água*, respectivamente. Ao substituir-se os parâmetros já pré-selecionados pela turbidez e pelos materiais flutuantes, priorizou-se levar em conta quais eram os próximos parâmetros melhor avaliados, bem como a sua facilidade de observação em campo. Dessarte, além da turbidez, e

os materiais flutuantes, terem recebido boas avaliações, ambos os parâmetros podem ser analisados de forma macroscópica, sem a necessidade de análises laboratoriais.

Para o parâmetro materiais flutuantes na água, apenas uma análise macroscópica é necessária, visto que este parâmetro se atrela a presença de qualquer objeto na superfície da água, incluindo espumas não naturais. Já para a turbidez, deixa-se aberta duas possibilidades de análise: uma análise macroscópica da água, caso o interessado em aplicar o índice não disponha de outros recursos para análise, e uma análise através do turbidímetro digital, que disponibiliza ao usuário o valor da turbidez em NTU. Destaca-se que para este trabalho, utilizou-se do turbidímetro digital para análise de todas as nascentes avaliadas.

Ressalta-se aqui, que apesar do parâmetro Coliformes termotolerantes na água também demandar análises laboratoriais, entende-se que são análises mais acessíveis, de baixo custo, e fácil execução como por exemplo através do uso da técnica colipaper. Dessa forma, optou-se por manter este parâmetro, mesmo no protocolo simplificado.

5.1 A APLICAÇÃO do PAAN TÉCNICO

Para a aplicação do protocolo técnico, como já elucidado anteriormente, todos parâmetros de Estado foram mantidos. No que diz respeito à troca do parâmetro DBO por OD, destaca-se aqui a classificação desse, utilizada neste trabalho, para avaliar a quantidade de Oxigênio Dissolvido na água.

QUADRO 20- Classificação do parâmetro Oxigênio Dissolvido na água

Oxigênio dissolvido na água	Categorias Hierárquicas		
	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	≤2 mL	2-5 mL	≥5mL

Fonte: Resolução CONAMA, 357, 2005

Tendo em vista as dificuldades encontradas para se mensurar os parâmetros de Estado em laboratório (tanto logísticas, quanto financeiras), para esta pesquisa, optou-se por escolher apenas duas nascentes para aplica-lo. As duas nascentes escolhidas (UF20 e UF23) encontram-se na Faculdade de Educação Física e Desportos. A tabela 1 representa a aplicação do índice na nascente UF20, assim como a tabela 2 mostra a aplicação do índice na nascente UF23.

TABELA 1 - Aplicação do PAAN Técnico na nascente UF20

Nascente: UF20	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	3
Degradação na APP da nascente	3
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	1
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	1
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	3

Parâmetros de Estado	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	2
OD na água	3
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Chumbo na água	3
Óleos e graxas na água	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição microbiológica	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição química	3
Cruzamento Poluição microbiológica x Poluição química	Classificação
Indicador de Estado	4

Parâmetros de Resposta	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação

Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 2 - Aplicação do PAAN Técnico na nascente UF23

Nascente: UF23	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	2
Degradação na APP da nascente	2
Parâmetros de entrada	
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	3
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	2
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	2

Parâmetros de Estado

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	1
OD na água	3
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Chumbo na água	3
Óleos e graxas na água	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição microbiológica	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição química	3
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Estado	4

Parâmetros de Resposta

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1

Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Resposta	1

Observa-se então, de uma maneira geral, que o resultado final do índice aplicado para ambas as nascentes UF20 e UF23, mostram a combinação 124. Dessa forma, é possível de se concluir que existem dois indicadores em falha e um em boas condições. No caso de ambas as nascentes, os indicadores de Pressão e Resposta necessitam de um maior cuidado e atenção, no intuito de se identificar e averiguar o que está acontecendo com esta nascente.

5.2 A APLICAÇÃO DO PAAN SIMPLIFICADO

Para a aplicação do protocolo simplificado, como já mencionado anteriormente, com exceção do parâmetro Coliformes Termotolerantes na água, os outros dois parâmetros de Estado, que demandam análises laboratoriais, foram substituídos. Dessarte, para este protocolo, os parâmetros de Estado a serem avaliados serão: Coliformes Termotolerantes na água, Turbidez na água, Presença de materiais flutuantes na água e Óleos e graxas na água.

Para o parâmetro Turbidez na água, escolheu-se fazer a seguinte classificação:

QUADRO 21 – Classificação do parâmetro Turbidez da água

Turbidez da água	Categorias Hierárquicas		
	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	≥ 100 UNT Ou água escura, com bastante coloração	40 – 100 UNT Ou água opaca, com leve coloração	≤ 40 UNT Ou água clara ou transparente

Fonte: CONAMA 357, 2005, adaptado pela autora

Ressalta-se que foram colocadas duas classificações para a Turbidez na água, uma quantitativa e uma qualitativa, visto que se leva em conta a possibilidade do interessado em

aplicar o índice possuir, ou não, o turbidímetro em mãos. Caso a pessoa não possua, a classificação poderá ser feita macroscopicamente.

Já para o parâmetro Presença de materiais flutuantes na água, optou-se por classificar da seguinte forma:

QUADRO 22- Classificação do parâmetro Presença de materiais flutuantes na água

Presença de materiais flutuantes na água, incluindo espumas não naturais	Categorias Hierárquicas		
	1 (Ruim)	2 (Médio)	3 (Bom)
	$\geq 50\%$ da água da nascente coberta	$\leq 50\%$ da água da nascente coberta	Ausência de materiais flutuantes na água

Fonte: Elaborado pela autora

Deve-se destacar que agora, que para este protocolo, existem novos pares de parâmetros de entrada a serem cruzados, e conseqüentemente, este cruzamento originará parâmetros com nomes diferentes. Desta maneira, o cruzamento dos parâmetros *Coliformes Termotolerantes na água* e *Turbidez na água*, engendrará o parâmetro *Poluição das águas*. Já o cruzamento dos parâmetros *Materiais Flutuantes na água* e *Óleos e graxas*, darão origem ao parâmetro *Poluição macroscópica das águas*.

Em princípio, pretendia-se aplicar este protocolo em todas as nascentes do *campus* da UFJF, já estudadas anteriormente. Entretanto, as nascentes UF06, UF07, UF11, UF12 E UF22 (todas localizadas na mata da Reitoria), mostraram-se secas durante as visitas à campo. Já as nascentes UF17, UF18, UF19 e UF24 (todas localizadas na faculdade de Educação Física e Desportos), por um problema de logística, não puderam ser visitadas, dessa forma, elas foram classificadas como “sem dados”. Ademais, como já mencionado, ao longo das campanhas de campo, foram encontradas três novas nascentes, que não constavam nas pesquisas anteriores à esta, e ressalta-se, que elas também foram incluídas nos protocolos de avaliação.

As Tabelas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21 demonstram a aplicação do protocolo simplificado, em todas as nascentes que se encontravam exfiltrando, ao longo das campanhas de campo.

TABELA 3- Aplicação do PAAN na nascente UF01

nascente: UF01	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	3
Degradação na APP da nascente	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	2
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	1
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	2

Parâmetros de Estado

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	1
Turbidez	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais Flutuantes	3
Óleos e graxas na água	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópica	2
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	2

Parâmetros de Resposta

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1

Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 4 – Aplicação do PAAN para a nascente UF02

Nascente: UF02	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	3
Degradação na APP da nascente	1
Parâmetros de entrada	
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	1
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	1
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	2

Parâmetros de Estado	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	2
Turbidez	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais Flutuantes	3
Óleos e graxas na água	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópica	2
Cruzamento Poluição macroscópica x Poluição química	Classificação
Indicador de Estado	2

Parâmetros de Resposta	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1

Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 5 - Aplicação do PAAN para a nascente UF03

Nascente: UF03	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	3
Degradação na APP da nascente	3
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	2
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	2
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	4

Parâmetros de Estado	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	2
Turbidez	3
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais flutuantes	3
Óleos e graxas na água	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópica	3
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	4

Parâmetros de Resposta	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 6 - Aplicação do PAAN para a nascente UF04

Nascente: UF04	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	1
Degradação na APP da nascente	2
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	2
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	2
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	2

Parâmetros de Estado	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	1
Turbidez	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais flutuantes	3
Óleos e graxas na água	3

Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópica	3
Cruzamento Poluição macroscópica x Poluição química	Classificação
Indicador de Estado	3

Parâmetros de Resposta

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 7 - Aplicação do PAAN para a nascente UF05

Nascente: UF05	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	2
Degradação na APP da nascente	2
Segundo par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	3
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	3
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	4

Parâmetros de Estado

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação

Coliformes termotolerantes na água	1
Turbidez	2
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais flutuantes	2
Óleos e graxas na água	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópica	2
Cruzamento Poluição macroscópica x Poluição das águas	Classificação
Indicador de Estado	2

Parâmetros de Resposta

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 8 - Aplicação do PAAN para a nascente UF08

Nascente: UF08	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	3
Degradação na APP da nascente	2
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	1
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	1

Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	2

Parâmetros de Estado

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	1
Turbidez	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais flutuantes	2
Óleos e graxas na água	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópica	1
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	1

Parâmetros de Resposta

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 9 - Aplicação do PAAN para a nascente UF09

Nascente: UF09	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	2
Degradação na APP da nascente	2
Parâmetros de entrada	Classificação

Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	3
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	3
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	4

Parâmetros de Estado

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	1
Turbidez	3
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais flutuantes	3
Óleos e graxas na água	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópica	2
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	3

Parâmetros de Resposta

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 10 - Aplicação do PAAN para a nascente UF10

Nascente: UF10	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	3
Degradação na APP da nascente	2
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	3
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	3
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	4

Parâmetros de Estado	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	1
Turbidez	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais flutuantes	3
Óleos e graxas na água	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
poluição macroscópica	2
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	2

Parâmetros de Resposta	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação

Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 11 - Aplicação do PAAN para a nascente UF13

Nascente: UF13	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	3
Degradação na APP da nascente	3
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	1
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	2
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	4

Parâmetros de Estado	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	1
Turbidez	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais flutuantes	2
Óleos e graxas na água	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópica	2
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	2

Parâmetros de Resposta	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1

Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 12 - Aplicação do PAAN para a nascente UF14

Nascente: UF14	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	3
Degradação na APP da nascente	2
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	3
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	3
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	4

Parâmetros de Estado	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	1
Presença de materiais flutuantes	2
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Turbidez	2
Óleos e graxas na água	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição macroscópica	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição das águas	1
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	1

Parâmetros de Resposta

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 13 - Aplicação do PAAN para a nascente UF15

Nascente: UF15	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	3
Degradação na APP da nascente	2
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	3
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	3
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	4

Parâmetros de Estado

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	1
Turbidez	2
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais Flutuantes	2
Óleos e graxas na água	2

Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópica	2
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	2

Parâmetros de Resposta

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 14 - Aplicação do PAAN para a nascente UF16

Nascente: UF16	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	2
Degradação na APP da nascente	3
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	2
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	2
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	3

Parâmetros de Estado

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação

Coliformes termotolerantes na água	1
Turbidez	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais flutuantes	3
Óleos e graxas na água	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópica	2
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	2

Parâmetros de Resposta

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 15 - Aplicação do PAAN para a nascente UF20

Nascente: UF20	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	3
Degradação na APP da nascente	3
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	1
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	1

Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	3

Parâmetros de Estado

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	2
Turbidez da Água	2
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais Flutuantes	3
Óleos e graxas na água	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das Águas	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópica	2
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	2

Parâmetros de Resposta

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 16 - Aplicação do PAAN para a nascente UF21

Nascente: UF21	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	3
Degradação na APP da nascente	1

Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	1
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	
Contato com a nascente	1
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	
Indicador de Pressão	2

Parâmetros de Estado

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	2
Turbidez	3
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais Flutuantes	3
Óleos e graxas na água	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	
Puluição das águas	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	
Puluição Macroscópica	3
Cruzamento Puluição das águas x Puluição macroscópica	
Indicador de Estado	4

Parâmetros de Resposta

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	
Indicador de Resposta	1

TABELA 17 - Aplicação do PAAN para a nascente UF23

Nascente: UF23	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	2
Degradação na APP da nascente	2
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	3
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	2
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	2

Parâmetros de Estado	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	1
Turbidez	3
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais flutuantes	3
Óleos e graxas na água	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópicas	3
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	4

Parâmetros de Resposta	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação

Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 18 - Aplicação do PAAN para a nascente UF25

Nascente: UF25	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	2
Degradação na APP da nascente	1
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	1
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	1
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	1

Parâmetros de Estado	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	1
Turbidez	3
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais Flutuantes	3
Óleos e graxas na água	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópica	3
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	4

Parâmetros de Resposta	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1

Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 19 - Aplicação do PAAN para a nascente UF26

Nascente: UF26	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	3
Degradação na APP da nascente	1
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	1
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	1
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	3

Parâmetros de Estado	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	1
Turbidez	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais flutuantes	3
Óleos e graxas na água	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópica	2
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação

Indicador de Estado	2
---------------------	---

Parâmetros de Resposta	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

TABELA 20 - Aplicação do PAAN para a nascente UF27

Nascente: UF27	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	1
Degradação na APP da nascente	1
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	1
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	1
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	1

Parâmetros de Estado	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	3
Turbidez	3
Segundo Par	

Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais flutuantes	3
Óleos e graxas na água	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	3
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópicas	3
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	5

Parâmetros de Resposta

Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	
Indicador de Resposta	1

TABELA 21 - Aplicação do PAAN para a nascente UF28

Nascente: UF28	
Parâmetros de Pressão	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Assoreamento na nascente	3
Degradação na APP da nascente	2
Parâmetros de entrada	Classificação
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	1
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Morfodinâmica da nascente	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Contato com a nascente	1
Cruzamento Morfodinâmica da nascente x Contato com a nascente	Classificação
Indicador de Pressão	2

Parâmetros de Estado	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Coliformes termotolerantes na água	1
Turbidez	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Materiais flutuantes	3
Óleos e graxas na água	2
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Poluição das águas	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Poluição macroscópicas	2
Cruzamento Poluição das águas x Poluição macroscópica	Classificação
Indicador de Estado	2

Parâmetros de Resposta	
Primeiro par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	1
Articulação entre população e entidades de regulação	1
Segundo Par	
Parâmetros de entrada	Classificação
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	2
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do primeiro par	Classificação
Governança	1
Parâmetro oriundo do cruzamento do segundo par	Classificação
Recuperação ambiental de nascentes	1
Cruzamento Governança x Recuperação ambiental de nascentes	Classificação
Indicador de Resposta	1

5.3 HIERARQUIZAÇÃO DAS RESPOSTAS DOS INDICADORES

Como já demonstrado nos capítulos anteriores, a integração dos três indicadores finais (Pressão, Estado e Resposta) foram apresentados na forma de três algarismos justapostos, de forma ordenada, do menor para o maior. O quadro 23 aponta todas as respostas alcançadas neste índice, a partir da integração dos indicadores do mesmo.

QUADRO 23- Respostas das nascentes ao PAAN (simplificado)

Nascente	Indicador de Pressão	Indicador de Estado	Indicador de Resposta	Índice de Qualidade
UF01	2	2	1	122
UF02	2	2	1	122
UF03	4	4	1	144
UF04	2	3	1	123
UF05	4	2	1	124
UF06	SECA	SECA	SECA	SECA
UF07	SECA	SECA	SECA	SECA
UF08	2	1	1	112
UF09	4	3	1	134
UF10	4	2	1	124
UF11	SECA	SECA	SECA	SECA
UF12	SECA	SECA	SECA	SECA
UF13	4	2	1	124
UF14	4	1	1	114
UF15	4	2	1	124
UF16	3	2	1	123
UF17	SEM DADOS	SEM DADOS	SEM DADOS	SEM DADOS
UF18	SEM DADOS	SEM DADOS	SEM DADOS	SEM DADOS
UF19	SEM DADOS	SEM DADOS	SEM DADOS	SEM DADOS
UF20	3	2	1	123
UF21	2	4	1	124
UF22	SECA	SECA	SECA	SECA
UF23	2	4	1	124
UF24	SEM DADOS	SEM DADOS	SEM DADOS	SEM DADOS

UF25	1	4	1	114
UF26	3	2	1	123
UF27	1	5	1	115
UF28	2	2	1	122

Fonte: Elaborado pela autora

Após uma breve interpretação dos dados acima, é possível de se concluir que nenhuma das nascentes avaliadas apresenta uma boa qualidade ambiental, visto que pelo menos dois dos indicadores ambientais considerados, sempre se mostraram em falha (representados pelos algarismos 1 e 2). Isso reforça a importância e a necessidade de tomar-se as nascentes como um sistema ambiental. Considerando a mútua e constante relação de todos os seus elementos constituintes pode-se, facilmente, perceber que um indicador pode apresentar-se como bom (algarismos 4 ou 5), enquanto os outros indicadores podem mostrar-se em falha. Ou seja, um bom indicador, não acarretará em uma nascente de boa qualidade, pois é necessário observar todos os indicadores e todos os parâmetros que originaram aquele indicador.

Isso é possível de se observar nas nascentes UF14, UF25 e UF27. Todas elas apresentam um indicador bastante positivo (de Pressão ou de Estado) enquanto os outros dois, são extremamente negativos. Isso quer dizer que um elemento em específico daquela nascente, apresenta boa qualidade. Contudo, seria reducionista e linear, considerar apenas um elemento desse sistema. Em outras palavras, a nascente pode apresentar um bom indicador de Estado (como observado na UF27). Todavia, essa nascente é antropogênica, sendo evidente no indicador de Pressão, todas as constantes alterações e modificações sofridas nesta nascente.

Deve-se ressaltar, que no quesito indicador de Pressão, o mesmo se mostrou baixo em muitas das nascentes estudadas. Atrela-se isso ao fato de que a própria construção do *campus* culminou em um intenso processo de alteração das condições do terreno onde a instituição foi implantada, acarretando em um relevo antropogênico com topos aplainados e recortados para a fundação de edificações e construções relativas às necessidades da instituição, que vem sido sucessiva e constantemente ampliadas no decorrer dos anos.

Ademais, sendo um lugar de usos multifacetados, onde várias atividades educacionais, esportivas e de entretenimento são desenvolvidas, os ambientes naturais sofrem graus diferenciados de intervenção no interior do campus. Diante desta configuração sócio espacial, cabe destacar que as nascentes da UFJF se localizam em um terreno extremamente alterado e

em alteração, o que influi diretamente em suas características morfológicas e hidrológicas. Além disso, é visível um elevado grau de interferência antrópica no campus, uma vez que o mesmo é utilizado pela comunidade acadêmica para diversos fins.

Também destaca-se que absolutamente todas as nascentes apontaram uma grande falha no indicador de Resposta, visto que todos os parâmetros de entrada receberam classificações muito baixas. Isso evidencia a necessidade de se investir em projetos de conscientização não apenas da população, mas também das autoridades responsáveis pelo *campus* da UFJF, acerca das nascentes, começando, por exemplo, pelo (re) conhecimento das mesmas. Além disso, nota-se, clara e conseqüentemente, uma grande carência em projetos voltados à proteção das nascentes. É contundente que as nascentes dentro do *campus* passam despercebidas, não só pela população que ali frequenta, mas também pelas entidades reguladoras, o que é extremamente prejudicial a uma boa gestão desses cursos d'água.

5.4 COMPARAÇÃO ENTRE O PAAN TÉCNICO E O PAAN SIMPLIFICADO

Tendo em vista que foram aplicados ambos os protocolos, simplificado e técnico, em duas nascentes do campus, comparar-se-á os resultados dos dois protocolos, nas duas nascentes avaliadas, no intuito de se averiguar a possibilidade de substituição de um pelo outro, em casos onde o aplicador do índice dispor de recursos limitados. O quadro 24 ilustra a comparação entre os resultados obtidos em ambos os índices.

QUADRO 24- Resultados de ambos os protocolos aplicados, em duas nascentes do *campus*

Nascente	PAAN Técnico			Qualidade Ambiental	PAAN Simplificado			Qualidade Ambiental
	Indicador de Pressão	Indicador de Estado	Indicador de Resposta		Indicador de Pressão	Indicador de Estado	Indicador de Resposta	
UF20	3	4	1	134	3	2	1	123
UF23	2	4	1	124	2	4	1	124

Fonte: elaborado pela autora

Percebe-se que a nascente UF23 apresentou a mesma resposta, para ambos os protocolos aplicados. Ou seja, o indicador de Estado, recebeu a mesma classificação nos dois protocolos, ainda que com diferentes parâmetros de entrada. Salienta-se que os parâmetros de entrada no protocolo simplificado foram Coliformes Totais, Turbidez, Materiais flutuantes e

Óleos e Graxas. Já os parâmetros de entrada do protocolo técnico foram os Coliformes Totais, Oxigênio Dissolvido, Chumbo total na água e Óleos e graxas. Já em relação a nascente UF20, houve uma mudança no indicador de Estado, onde ao se analisar os parâmetros macroscópicos, a nascente estudada mostrou uma pior qualidade, em relação aos parâmetros microscópicos.

Deste modo, debruçando-se diante da nascente UF20, pode-se afirmar que os parâmetros cruciais para a distinção nas classificações do protocolo técnico e simplificado, foram o Oxigênio Dissolvido e os Materiais flutuantes. Ainda que o Estado desta nascente esteja bom em relação ao OD e ao Chumbo, é necessário atentar-se para a Turbidez da água, bem como para a presença de Materiais flutuantes na nascente.

5.5 A CARACTERIZAÇÃO DAS NASCENTES DO CAMPUS DA UFJF

Como já discutido nos capítulos anteriores, a aplicação do Protocolo de Avaliação Ambiental de Nascentes, deverá vir acompanhado, de um checklist de caracterização, a fim de se conhecer um pouco melhor a nascente avaliada, promovendo assim, um melhor entendimento e uma melhor interpretação dos resultados do índice. Deste modo, o quadro 25 e o quadro 26 mostram a caracterização de todas as nascentes avaliadas nesta pesquisa. Ademais, deve-se ressaltar, que ainda que as nascentes secas não tenham sido avaliadas, elas foram devidamente caracterizadas.

QUADRO 25 – Caracterização das nascentes do *campus* da UFJF, parte I

Nascente	Profundidade do solo e das coberturas superficiais	Tipos de uso e ocupação da terra na APP da nascente e na bacia de contribuição	Litologia da bacia de contribuição das nascentes	Litologia do aquífero da nascente	Vazão da nascente
UF01	Profunda	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicática, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Oitava magnitude
UF02	Pouco profunda	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicática, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Magnitude zero
UF03*	Rasa	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicática, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Oitava magnitude
UF04	Pouco profunda	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicática, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Magnitude zero
UF05	Pouco Profunda	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-	Livre -	Oitava

			Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Granular	magnitude
UF06	Rasa	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Seca
UF07	Rasa	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Seca
UF08	Pouco profunda	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Oitava magnitude
UF09	Rasa	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Oitava magnitude
UF10	Rasa	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Magnitude zero
UF11	Rasa	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Seca
UF12* **	Rasa	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Seca
UF13*	Pouco profunda	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Não mensurável (esgoto)
UF14*	Pouco profunda	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Magnitude zero
UF15	Pouco profunda	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Magnitude zero
UF16	Pouco profunda	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Magnitude zero
UF17	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados
UF18	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados
UF19	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados
UF20*	Pouco profunda	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Sexta magnitude
UF21*	Rasa	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Sétima magnitude
UF22	Rasa	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha	Livre - Granular	Seca

			Calcissilicática, Anfibotilo e Gondito		
UF23	Rasa	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicática, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Sexta magnitude
UF24	Sem acesso	Sem acesso	Sem acesso	Sem acesso	Sem acesso
UF25*	Rasa	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicática, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Seca
UF26	Rasa	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicática, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Sétima magnitude
UF27	Rasa	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicática, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Oitava magnitude
UF28	Pouco profunda	Áreas especiais	(Silimanita) – Granada-Biotita Gnaiss, Rocha Calcissilicática, Anfibotilo e Gondito	Livre - Granular	Oitava magnitude

Fonte: elaborado pela autora

* nascente drenada artificialmente por uma manilha de concreto ou por um cano.

**nascente não apresentou exfiltração no momento do trabalho de campo.

QUADRO 26 – Caracterização das nascentes do *campus* da UFJF, parte II

Nascente	Declividade do canal de primeira ordem	Usos da água da nascente	Morfologia da nascente	Tipo de exfiltração	Mobilidade da nascente	Sazonalidade das nascentes
UF01	Baixa	Abastecimento público	Concavidade	Difusa	Móvel	Perene
UF02	Baixa	Outros	Concavidade	Difusa	Móvel	Perene
UF03*	Baixa	Outros	Canalizada	Pontual	Fixa	Perene
UF04	Baixa	Outros	Concavidade	Difusa	Sem dados	Sem dados
UF05	Média	Outros	Concavidade	Difusa	Fixa	Perene
UF06	Sem dados	Seca	Concavidade	-	-	Seca
UF07	Sem dados	Seca	Concavidade	-	-	Intermitente
UF08	Baixa	Outros	Canal	Difusa	Fixa	Perene
UF09	Baixa	Outros	Concavidade	Difusa	Fixa	Sem dados
UF10	Baixa	Outros	Canal	Difusa	Fixa	Intermitente
UF11	Baixa	Outros	Concavidade	Difusa	Sem dados	Intermitente
UF12* **	Sem dados	Seca	Canal	-	-	Intermitente
UF13*	Baixa	Outros	Canal	Pontual	Fixa	Perene
UF14*	Baixa	Outros	Concavidade	Difusa	Fixa	Sem dados
UF15	Baixa	Outros	Concavidade	Difusa	Fixa	Perene

UF16	Baixa	Outros	Concavidade	Difusa	Móvel	Intermitente
UF17	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados
UF18	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados
UF19	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados
UF20*	Baixa	Abastecimento público	Canal	Difusa	Fixa	Perene
UF21*	Baixa	Abastecimento público	Canal	Pontual	Fixa	Perene
UF22	Sem dados	Seca	Concavidade	-	-	Intermitente
UF23	Média	Abastecimento público	Concavidade	Difusa	Sem dados	Sem dados
UF24	Sem acesso	Sem acesso	Sem acesso	Sem acesso	Sem acesso	Sem acesso
UF25*	Média	Seca	Canal	Pontual	Fixa	Perene
UF26	Baixa	Abastecimento público	Canal	Pontual	Fixa	Perene
UF 27	Baixa	Abastecimento público	Concavidade	Antropogênica	Sem dados	Sem dados
UF28	Baixa	Outros	Concavidade	Difusa	Sem dados	Sem dados

Fonte: elaborado pela autora

* nascente drenada artificialmente por uma manilha de concreto ou por um cano.

**nascente não apresentou exfiltração no momento do trabalho de campo.

Como já debatido anteriormente, o objetivo de se realizar um *check-list* de caracterização da nascente é para que esse sirva de aporte para uma melhor interpretação dos resultados da avaliação ambiental. É sabido que necessita-se profundas e robustas reflexões acerca dessa problemática, afim de se poder traçar um paralelo entre a qualidade da nascente e sua caracterização. Até que ponto, as características da nascente interferem em seu Estado? Ou nas Pressões que ela sofre? Ou até que ponto, a morfologia da nascente, ou o tipo de exfiltração da nascente, exercem influência direta ou indireta nos processos que as envolvem? Uma nascente pontual, estaria mais propícia a sofrer com o assoreamento, do que uma nascente múltipla?

Tais questionamentos, não eram objetivo deste trabalho, contudo foram reflexões que surgiram, naturalmente, ao longo da pesquisa. Deste modo, tais ponderações terão continuidade após a finalização deste estudo, no intuito de se traçar, ou pelo menos tentar traçar, relações mais diretas entre a qualidade ambiental da nascente e sua caracterização. O que não será tarefa fácil, devido ao caráter extremamente complexo e caótico desses sistemas ambientais.

Todavia, alguns paralelos já são possíveis de serem fomentados, a começar pelo fato de que as nascentes que são caracterizadas pelo tipo de uso para abastecimento público, foram as que mais sofreram com as Pressões exercidas pelo meio a qual elas se inserem e já dão indícios que seu Estado também merece atenção.

É de suma importância voltar-se os olhares para essas nascentes, devido a sua grande importância para a população, inclusive, informa-los, sobre o que está ocorrendo afim de se alcançar, da melhor forma possível, uma boa qualidade para essas nascentes, bem como um uso justo e consciente, para essas nascentes, assim como para todas as outras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Parte-se aqui do pressuposto que a efetiva proteção das nascentes depende, diretamente, do conhecimento acerca das mesmas. Conhecer as nascentes, vai mais além do que apenas estar ciente da existência dessas. Obviamente, o (re)conhecimento de uma nascente, é sem dúvida, o primeiro passo para a sua proteção. Todavia, julga-se necessário entender também, o funcionamento das nascentes, a mútua, imprevisível e desordenada relação de seus elementos constituintes e a sua dinâmica.

Visto isso, afirma-se que o entendimento de todo o funcionamento e dinâmica das nascentes, advém, impreterivelmente, de uma concepção sistêmica, complexa e multidisciplinar.

É diante desta conjuntura que este trabalho traz a reflexão de como um estudo multidisciplinar é substancial para o entendimento das nascentes, bem como sua qualidade ambiental. Dessarte, no intuito de se avaliar a qualidade ambiental das nascentes, partiu-se do pressuposto que os parâmetros de avaliação deveriam ser os mais heterogêneos possíveis, refletindo assim, a multidisciplinaridade e a complexidade que abarcam o estudo de nascentes. Isso evienciam que é inviável e reducionista, se avaliar a qualidade ambiental de uma nascente sem levar em consideração de modo integrado as esferas física, ecológica e sociais.

Entende-se que a multiplicidade de parâmetros segregados, não contribui, efetivamente, para uma boa gestão ambiental, contudo, a integração deles, sim. Deste modo, integrá-los em um índice de qualidade ambiental, poderá auxiliar na avaliação da qualidade ambiental das nascentes, podendo também nortear estudos mais robustos e de grande importância para o planejamento e gestão ambiental.

Sendo assim, no intuito de se construir uma ferramenta de avaliação da qualidade ambiental de nascentes, tinha-se em mente dois grandes propósitos: I) Construir um índice sintético, robusto, e de fácil aplicabilidade; II) Integrar neste índice, parâmetros multidisciplinares e heterogêneos, capazes de refletir, da melhor maneira possível, a complexidade das nascentes. Ou seja, cada indicador final do índice (seja ele de Pressão, Estado ou Resposta) é baseado em uma série de parâmetros, todos baseados em características geomorfológicas, hidrológicas, biológicas, geológicas e pedológicas das nascentes.

A forma mais prudente de se trabalhar a multidisciplinaridade de nascentes, somada à necessidade de se elencar parâmetros heterogêneos para se avaliar a qualidade ambiental das mesmas, foi através do uso do método do Painel Delphi. Dessa maneira, a partir dos resultados do painel, pode-se concluir que não houve um claro consenso acerca dos

parâmetros escolhidos dentro do universo de especialistas consultados. Isso quer dizer, que a formação acadêmica dos painelistas, interferiu, de forma direta, na escolha dos parâmetros. Percebe-se, também, uma nítida preferência por parâmetros de natureza qualitativa, entretanto, alguns voltados para a seara social, outros para a qualidade da água e outros para a gestão e planejamento. De certa forma, isso explicita mais ainda, o caráter complexo e multidisciplinar que envolve o sistema nascente.

Refletindo-se a respeito do produto final desta pesquisa, tendo-se o índice em mãos, também se faz necessário tecer algumas reflexões acerca dos pontos positivos e negativos observados ao longo da trajetória desta dissertação.

O clímax deste trabalho é expressado na heterogeneidade e multiplicidade do índice, como já bem mencionado ao longo do texto. Os parâmetros elegidos para o cruzamento das matrizes não estão em consonância, de forma proposital. Assim, em apenas um indicador, tem-se uma série de parâmetros que o sustenta.

Uma vez que o Painel Delphi elenca os parâmetros mais importantes na composição do índice, esse se torna facilmente adaptável a realidade do pesquisador ou de qualquer pessoa que tenha interesse na aplicação do índice. Ainda que este trabalho tenha listado os quatro parâmetros mais bem votados de cada categoria, caso o aplicador do índice não tenha recursos para a avaliação de algum determinado parâmetro, ele pode recorrer-se ao próximo da lista. Inclusive, é justamente por este motivo, o qual este trabalho apresentou como produto final dois índices: o acadêmico e o simplificado.

Não menos importante, um ponto extremamente positivo deste trabalho, diz respeito a criação de não apenas um protocolo de avaliação, mas também de um protocolo de caracterização. Essa ferramenta extra ao índice pode colaborar e muito na interpretação dos futuros resultados.

Debruçando-se a respeito do que poderia ter tido um melhor aproveitamento nesta pesquisa, foi possível de se concluir que as instruções contidas na carta de apresentação aos painelistas do Delphi poderiam ter sido um pouco mais claras no que diz respeito o recorte espacial da pesquisa, bem como o seu caráter multidisciplinar. Isso, certamente, mudaria, de forma pontual, alguns parâmetros sugeridos e elegidos pelos especialistas.

Outro ponto que poderia ter sido aprimorado foi a quantidade de parâmetros pré selecionados para a avaliação dos painelistas. Concluiu-se que muitos parâmetros dentre os 84 poderiam ter sido eliminados antes mesmo de se realizar a consulta, como por exemplo os parâmetros tidos como muito similares e os de difícil execução para a realidade deste trabalho. Claramente, isso não prejudicou o resultado final tampouco o desenvolvimento da

pesquisa. Entretanto, além da possibilidade de algum outro parâmetro ter aparecido na lista dos quatro mais bem avaliados, facilitaria a avaliação dos painelistas bem como a avaliação das respostas desses.

Além disso, pode-se constatar que, infelizmente, o índice acadêmico se mostrou bastante custoso ao pesquisador no que diz respeito à análise dos parâmetros de estado. Ainda que o índice simplificado tenha sido uma alternativa a esse, não aconselha-se usá-lo para fins acadêmicos.

Por fim, ressalta-se aqui, que este trabalho teve como finalidade, não apenas contribuir diretamente para a gestão e planejamento ambiental, voltados para a proteção das nascentes, mas também, ainda que indiretamente, com as escassas e pontuais discussões existentes na literatura acerca do tema nascentes, procurando avançar em alguns temas, ainda obscuros no arcabouço teórico-metodológico que envolve esses sistemas ambientais. Ademais, este trabalho também pode ser um trampolim para contribuir, futuramente, com trabalhos que visem avaliar as nascentes não apenas em domínio tropical, levantando-se assim, a possibilidade de, consecutivamente, uma adaptação desta pesquisa em diferentes áreas de estudo.

Um índice multidisciplinar, com indicadores que correspondam à complexidade das nascentes, é um grande passo para as ciências de cunho ambiental. Todavia, espera-se que este seja o pontapé inicial para outros estudos que busquem avançar no estudo de nascentes, procurando cada vez mais preencher os hiatos existentes, as carências e falhas teórica-metodológicas, engendrando assim, um melhor entendimento de sistemas tão fundamentais ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR ISO 14001:2004. **Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2004. 27p.
- ALLABY, Ailsa; ALLABY, Michael. **The concise Oxford Dictionary of earth sciences**. Oxford: Oxford University, 1991.
- ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. **Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.
- ALVES, M.C.; SEMINOTTI, N. O pequeno grupo e o paradigma da complexidade em Edgar Morin. **Psicologia USP**, vol. 17, n. 2, p. 113-133, 2006.
- AMORIN, A. C. et al. Currículo e Ambiente: espelhamento em diferença. In: LEME, P. C. S.; PAVESI, A.; ALBA, D.; G., M. J. D.. (Org.). **Visões e experiências ibero-americanas de sustentabilidade nas universidades**. 1 ed. vol. 1, p. 159-164, 2012
- ANTUNES, A. L. G. **Caracterização química e isotópica das águas subterrâneas da Bacia Hidrográfica do rio Almonda**. Universidade de Lisboa; Portugal. Dissertação de Mestrado, 2016.
- ARANTES, E. J. **Emprego de infiltrômetro na caracterização da interação entre rio e aquífero. São Carlos - SP**, Dissertação de Mestrado, 2003.
- ARIZA, C. G. NETO, M. D. de A. Contribuições da geografia para avaliação de impactos ambientais em áreas urbanas, com o emprego da metodologia pressão - estado impacto - resposta (P.E.I.R.). **Caminhos de Geografia Uberlândia** v. 11, n. 35, p. 128-139, 2010.
- BARBOSA, F. **Ângulos da água: desafios da integração**. Editora UFMG, 2008.
- BARCELOS, J. H. et al. Ocupação do Leito Maior do Ribeirão Claro por Habitações. **Sociedade & Natureza, Uberlândia**, vol. 7, n 13, p. 129 - 145, 1995.
- BARRETO, L. V. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.9, N.16; p. 2013.
- BERTALANFFY, L. v. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1968
- BERTALANFFY, L. v. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973
- BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, Ícone. 3a. Edição, 1993
- BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **R. RA'EGA**, Curitiba, n. 8, Editora UFPR:, 2004. p. 141-152
- BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. Métodos silviculturais *para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares*. In: **Simpósio nacional sobre recuperação de áreas degradadas: água e biodiversidade**, 5., 2002, Belo Horizonte. Anais, Belo Horizonte, 200

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. *Introdução a Engenharia Ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRANCO, S. M. **Ecossistêmica**: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 143p.

BRANDÃO, S. L; LIMA, S. C. **Diagnóstico ambiental das áreas de preservação permanente** (app), margem esquerda do rio Uberabinha, em Uberlândia (MG). Uberlândia. *Caminhos de Geografia*, vol 3, nº7, p. 46, 2002.

BRASIL. Código Florestal. Lei 12.651 de 25 de maio de 2012

BRASIL. CONAMA, **Resolução 303** de 20/03/02 que trata das Áreas de Preservação Permanente no Urbano.

BRASIL. **Decreto nº 30.315**, de 29 de abril de 2009, DODF de 30.04.2009 (Art 2º, Inciso VI.

BRASIL. **Lei 12.651/2012 do Novo Código Florestal**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

BRASIL. **Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 2010

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília, DF, 1986.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002**. Ministério do Meio Ambiente, 2002

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework**. Oxford: Blackwell Publications, 2005.

BROLLO, M. J. ; BARBOSA, J. M.; ROCHA, F. T.; MARTINS, S. E. Programa comum de pesquisa em caracterização e recuperação de áreas degradadas. In: CINP/SMA, **Reunião Anual sobre Pesquisa Ambiental a Pesquisa Científica e Tecnológica**. 2002.

BRSIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. de 1988.

BURNS, D.A. MURDOCH, P.S.. LAWRENCE, G. B. **Effect of groundwater springs on NO₃ concentrations during summer in Catskill Mountain streams**. *Water Resources Research*, Vol. 34, nº. 8, p. 1987-1996, 1998.

CALGARO, C. **Desenvolvimento sustentável e a teoria dos sistemas autopoieticos**. Dissertação apresentada no Curso de Mestrado Acadêmico em Direito da UCS como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Direito. Caxias do Sul, 2006.

CANÁRIO, R. A Escola e a Abordagem Comparada. Novas realidades e novos olhares. **Sísifo. Revista de Ciências da Educação**, 2006, pp. 27-36.

CARVALHO, J.B. et al. Recuperação de nascentes e matas ciliares de afluentes do rio Taquari No NPA Boa Sorte. **Jornal de Iniciação Científica e Extensão** 2017.

CARVALHO, Maria de Fátima Henriques; DURAN, Maria Cristina; TIGLEA, Paulo; BUZZO, Márcia Liane; KIRA, Carmen Silvia. Níveis de chumbo na água para consumo em escolas municipais da cidade de São Paulo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz** v. 64, n. 1, p. 39-43, 2005.

CARVALHO, P.G.S.. As veredas e sua importância no Domínio dos Cerrados. **Informe Agropecuário** nº 168 p. 47-54, 1991.

CAVALCANTI, A. P. B.; RODRIGUEZ, J. M. M. O meio ambiente: histórico e contextualização. In: CAVALCANTI, A. P. B. (org.). **Desenvolvimento Sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais**. Fortaleza: UFC, 1997. p. 9-26.

CETESB. Qualidade das águas no Estado de São Paulo. **Revista Águas e energia elétrica**. São Paulo, Vol 5, n.º 14, p. 11-15, 1988.

CHEN, J.S. et al.. Geographical tendency of geochemical characteristics and binding capacity of suspended matter from the five main rivers of east china for heavy metals. In: **VERNET, J. P.**, ed. Heavy metals in the environment. Elsevier. p.125- 135.1991

CHORLEY, J. R.; HAGGET. P. (Coord. Ed.) **Modelos físicos e de informações em Geografia**. São Paulo: Editora da USP, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora,1974.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec-Edusp, 1979. 106p

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Sistemas dinâmicos: A abordagem da Teoria do Caos e da geometria fractal em Geografia. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (org.) **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2007

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999

COSTA, R. N.T. **Vertedores ou Vertedouros**. Ano 2004. Universidade Federal do Ceará.

CRISPIM, J.Q., Malysz, S.T., Cardoso, O. and PAGLIARINI JUNIOR, S.N., 2012. Conservação e proteção de nascentes por meio do solo cimento em pequenas propriedades agrícolas na bacia hidrográfica Rio do Campo no município de Campo Mourão – PR. **Revista Geonorte**, vol. 3, no. 4, pp. 781-790. Edição Especial

CRUVINEL, C. E. O. **Diagnóstico ambiental e plano de recuperação de uma nascente**. Artigo apresentado à Fesurv. Universidade de Rio Verde, como parte das exigências da Faculdade de Engenharia Ambiental, para obtenção do título de Engenheiro Ambiental. Rio Verde, 2011.

DAVIS, R.K.; HAMILTON, S.; BRAHANA, J.V. Escherichia coli survival in mantled karst springs and streams, Northwest Arkansas Ozarks, Usa. **Journal Of The American Water Resources Association**, 2005

DAVIS, Stanley N. **Hidrogeology**. New York: 1966

DE BLIJ, H. J; MULLER, P. O; WILLIAMS, R. S. **Physical geography: the global environment**. 3rd ed. New York: Oxford University Press, 2004

DEMATTE, J.L.I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos região amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215p

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. 4º ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

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**, v.25, n.1, p.115-125, 2005

DONOVAN, D. J.; KISTINGER, G. M.; ACHEAMPONG, S. Y. Characterization of springs in Eastern Nevada. In: **NWRA Annual Conference**. February, 2007

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAAGROPECUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 3ª ed. 573p. 2017.

ESTRELA, C.C.; SCHNEIDE, A. e TAVARES, V.E.Q. A destinação do óleo de cozinha usado na zona urbana e rural do município de Turuçu-RS. **Área temática: prevenção de poluição em recursos hídricos**. 9º Fórum de Internacional de Resíduos Sólidos, 2018.

FACHINELLI, A. C.; RECH, J.; MATTIA, M. **A dinâmica da informação na comunicação organizacional: a perspectiva do hipertexto e da autoapoiese**. Relações Públicas e Comunicação Organizacional, do V Encontro dos Núcleos de Pesquisa da Intercom. 2004

FARIA, A. P. A dinâmica de nascentes e a influência sobre os fluxos nos canais. **A Água em Revista**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 74-80, 1997.

FARIAS, M.S.S, et al . Avaliação dos níveis de boro e chumbo na água do rio cabelo, João Pessoa –PB. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v. 4, n. 1, p. 024-031, 2007.

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

FELIPPE, M. F. **Gênese e dinâmica de nascentes: contribuições a partir da investigação hidrogeomorfológica em região tropical**. Doutorado (tese do Programa de Pós Graduação em Geografia – área de concentração: Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2013, 254p

FELIPPE, M. F.; MAGALHAES JR., A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. **Revista GEOgrafias (UFMG)**, v. 9, p. 70-81, 2013

FELIPPE, Miguel Fernandes; MAGALHÃES JR, A. P. **Consequências da ocupação urbana na dinâmica das nascentes em Belo Horizonte-MG**. ENCONTRO NACIONAL SOBRE MIGRAÇÕES, VI, p. 1-19, 2009

FELIPPE, Miguel. F.; MAGALHAES JR., A. P. . Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte-MG. **Geografias (UFMG)**, v. 15, p. 8-23, 2012

FELIPPE, Miguel. F.; MAGALHAES JR., A. P. . Relação Precipitação-Vazão Em Nascentes No Município De Lagoa Santa-MG. In: **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Bento Gonçalves - RS. Anais do.... Bento Gonçalves: ABRH, 2013

FERNANDES, P. C. L. **Validação e Controle de Qualidade do Fósforo Total em Águas Residuais Análise da Qualidade da Água**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Química Industrial. Covilhã, de 2015.

FERRAZ, M.L.C.P. **Sustentabilidade das escolas municipais de Ensino Fundamental: estudo de caso em Ubatuba**, Estado de São Paulo, Brasil. 2008. 300 f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

FETTER, C. W. **Applied Hydrogeology**. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1994

FILHO, A.P.. **Dicionário Enciclopédico de Ecologia & Turismo**. São Paulo: Manole, 2000

FREITAS, M.A; SCHIETTI, J. **Protocolo de instalação de piezômetros em locais com nível freático pouco profundo (áreas sazonalmente encharcadas)**, 2015

FU, Z.; LI, Z.; CAI C.; SHI, Z.; XU, Q.; WANG, X., 2011. **Soil thickness effect on hydrological and erosion characteristics under sloping lands: A hydrogeological perspective**. Geoderma 167- 168, 41-53

GAMERO, A. R. **Análise da Aplicabilidade de Protocolos de Avaliação Rápida nas Nascentes do Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora- Minas Gerais**. Monografia - Curso de Geografia, Geociências, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. A contribuição da geomorfologia para o Planejamento da ocupação de novas áreas. Revista de Geografia. Recife: **UFPE DCG/NAPA**, v. 21, n. 2, jul/dez. 2004.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 17 (32). Jun. 2005b. p. 103-120

GOMES, P.P . A evolução do conceito de qualidade: dos bens manufaturados aos serviços de informação. **Cadernos B A D 2**, 2004

GONÇALVES, J. A. C.; SCUDINO, P. C. B.; SOBREIRA, F. G. **Reservas renováveis e caracterização dos aquíferos fissurais do leste da Zona da Mata de Minas Gerais e adjacências**. Geologia USP. Série Científica, São Paulo, v. 5, n.1, p. 19-27, 2005.

GOUDIE, A. **Encyclopedia of geomorphology**. London; New York: Routledge: International Association of Geomorphologists, 2004

GREGORY, K. J. **A Natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1992. 367p.

GRIGOLETTO, T.L.B. **Chumbo na água de consumo de Ribeirão Preto (SP): fatores químicos, físicos, e possíveis correlações com a contaminação de crianças**. Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto na Universidade de São Paulo, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Ribeirão Preto, 2011.

GROHMANN, F.; MEDINA, H.P. **Características de umidade dos principais solos do estado de São Paulo**. *Bragantia*, 21:285-295, 1962.

GUERRA, A. J.T. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **Revista do Departamento de Geografia**, vol. 16, p. 32-37, 2005

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T.. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUIMARÃES, L. J. R. Potencialidade ao assoreamento na represa do Piraquara. **Revista Eletrônica Geografar, Curitiba**, v. 2, Resumos do VI Seminário Interno de Pós-Graduação em Geografia, p. 44-44. 2007

HAZZAN, S. **Fundamentos de matemática elementar**, 5: combinatória, probabilidade, 7ª ed. São Paulo, 2004

HILLEL, D. **Solo e água, fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 231p

JACOBI, Pedro. Meio ambiente e sustentabilidade. In: **O município no século XXI: cenários e perspectivas**. Fundação Prefeito Faria Lima – CEPAM. Ed. Especial. São Paulo, p.175-183, 1999

JANG, C.S.; CHEN, J. S. LIN, Y.B.; LIU, C. W. Characterizing hydrochemical properties of springs in Taiwan based on their geological origins. **Environmental Monitoring and Assessment**, Volume 184, Issue 1, p. 63-75, January, 2012.

KAGEYAMA. P.Y. **Estudo para implantação de matas de galeria na bacia hidrográfica do Passa Cinco visando a utilização para abastecimento público**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1986. 236p. Relatório de Pesquisa.

KLUTHCOVSKY, A.C.G.C; TAKAYANAGUI, A.M.M. Qualidade de vida – aspectos conceituais. **Revista Salus-Guarapuava-PR**. Vol. 1, nº 1, p. 13-15, 2006.

KUZNETSOVA, E. **Microgrid agent-based modelling and optimization under uncertainty**, 2014

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese de Doutorado em Ciências na Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004

LAYRARGUES, P.P. Educação para a gestão ambiental: a cidadania no enfrentamento político dos conflitos socioambientais. In: LOREIRO, C.F.B *et al.* **Sociedade e meio ambiente: a educação ambiental em debate**. São Paulo, editora Cortez, 2000.

LEITE, Emerson Figueiredo; ROSA, Roberto. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 4, n. 12, p. 90-106, 2012.

LEITE, J. R. M.; AYALA, P. A. **Dano Ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial**. Editora Revista dos Tribunais, 3ª edição. São Paulo: 2003

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo. Oficina de textos, 2º ed, 2010.

LIBRARY ASSOCIATION – **Information quality and liability**. London: Library Association, 1994.

LIMA, A. Princípio Fundamental da Contagem: conhecimentos de professores de Matemática sobre seu uso na resolução de situações combinatórias. 2015. 138 f. **Dissertação (Mestrado)**. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

LIMA, E. R.V. Erosão do solo: fatores condicionantes e modelagem matemática. **Revista Cadernos do Logepa**. Série Pesquisa, Vol.1, nº1, 2003

LIMA, W.P. Função hidrológica da mata ciliar. In: **Simpósio Sobre Mata Ciliar**, 1., 1989, Campinas. Anais... Campinas: Fundação Cargil, 1989. p 25-42

LIMBERGER, L. Abordagem sistêmica e complexidade na geografia. *Geografia* – v. 15, n.2, jul/dez, 2006.

LINSTONE, Harold A.; TUROFF, Murray. **The Delphi Method; techniques and applications**. New Jersey 2002.

LOPES, Alexandre Vasconcelos. **Caracterização da água química das águas subterrâneas do aquífero fissural do Município de Iguaraci-PE**. Dissertação apresentada a Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2005.

LOPES, F.W.A Proposta metodológica para avaliação de condições de balneabilidade em águas doces no Brasil. **Tese (doutorado)**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2012

LOPES, V.C.; LIBÂNIO, M. Proposição de um índice de estações de tratamento de água (IQETA). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n.4, p.318-328, 2005.

MACEDO, C.F.; SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, vol. 36, n. 2, p.: 149-163, 2010

MACHADO, Pedro José de Oliveira; VALLE, Gustavo de Mattos; RINCO, Liliane; CARMO, Lúcio Flávio Zacanela do; LATUF, Marcelo de Oliveira. Qualidade das águas do Rio Paraibuna no trecho urbano de Juiz de Fora/MG. **Revista Virtú**, v. 1, p. 43-57, 2005

MAGALHÃES JÚNIOR, A.P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectiva para o Brasil a partir da experiência francesa**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

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**. Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual de Campinas, 2005.

MANZIONE, Rodrigo Lilla. **Águas Subterrâneas: Conceitos e aplicações sob uma Visão Multidisciplinar**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015.

MARQUES NETO, Roberto. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. **Geografia**, v. 17, n. 2, p. 67-87, jul./dez. 2008.

MARQUES, Luiz Otávio; FELIPPE, Miguel Fernandes. Diversidade hidrogeomorfológica de nascentes nos domínios dos mares de morros: casos do jardim botânico da UJF (Juiz de Fora–MG). *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, v. 1, n. 2017, p. 3293-3298, 2017.

MEINZER, O. E. Large springs in the United States. Water Supply Paper 557 – U.S. Government Printing Office. Washington – DC, USA, 1927.

MENEGUZZO, I. S.; CHAICOUSKI, A.; Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza. *Geografia*. Londrina. v.19, nº1, 2010

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison P. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. 5º ed. Porto Alegre: McGraw Hill Brasil, 2016.

MIOTTI, et al. Profundidade e atributos físicos do solo e seus impactos nas raízes de bananeiras. Jaboticabal. Rev. Bras. Frutic, v. 35, n. 2, p. 536-545, Junho, 2013.

MORGADO, Augusto; PITOMBEIRA DE CARVALHO, João; PINTO DE CARVALHO, Paulo; FERNANDEZ, Pedro. **Análise combinatória e probabilidade**. Rio de Janeiro: Graftex, 1991

MORGAN, G. **Images of organization**. London: Sage, 1996

MORIN, E. **Ciência com consciência** (6a ed.) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Lisboa, 5ª ed., Porto Alegre: Sulina, 2015^a

MORIN, E. Por uma reforma do pensamento. In: PENA-VEGA, Alfredo; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do.(orgs). **O pensar complexo: Edgar Morin e a crise da modernidade**. 3.ed Rio de Janeiro: Garamond, 1999

MORIN, Edgar. **A ciência com consciência**. Lisboa: Europa América, 1982

MOURA, Derick Martins Borges de; SOUSA, Flávio Alves de. **Descrição Geológica da Bacia Hidrográfica do Córrego das Vacas em Diorama** – GO. Geoambiente On-line, n. 23, 2014.

MOURA, M. N. de, et al. Grau de alteração ambiental dos hidrossistemas do campus da UFJF. **Revista de Geografia**. PPGEU. UFJF. Juiz de Fora, v.6, n.2, p.173-183, 2016.

MOURA, M. N.; Oliveira, M.C.P ; FELIPPE, Miguel. F. . **A influência de eventos de precipitação na exfiltração em nascentes no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora**. 2015. (Apresentação de Trabalho/Simpósio)

MOURA, M.N. **Avaliação da qualidade ambiental de nascentes: proposta metodológica**. Projeto de pesquisa apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora para a provação no Exame de Qualificação em geografia, Juiz de Fora, 2018

MOURA, M.N., et al. Reflexões e discussões acerca do índice de impactos ambientais em nascentes. In_ **Anais do VI Seminário de Pós-graduação em Geografia** “Geografia: Espaço-tempo em movimento”. Organização: Roberto Marques Neto. Juiz de Fora, 2018.

MOURA, M.N; Ávila, B.T ; Oliveira, M.C.P ; FELIPPE, Miguel. F. . **Identificação e caracterização de nascentes no Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora**. 2013.(Apresentação de Trabalho/Simpósio).

MOREM, D. B. C. et al. **Práxis da avaliação ambiental de nascentes: reflexões, críticas e recomendações**. Projeto apresentado na Universidade Federal de Juiz de Fora para o curso de Bacharel em Geografia, 2019

NETO, W.M.S. **Avaliação da Distribuição Espacial de Zona de Armazenamento de Água Em Nascente Perene de Microbaciainstável Barra de Guaratiba**. Monografia apresentada ao Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Floresta RJ. 2010, UFRJ

NOGUEIRA, V. P. Q. Qualidade da água em Lagos e Reservatórios. In: PORTO, R.La L. (Org.) **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Edusp, 1991, v.3, p.165-208.

NOVELLI, A.L.C.R. O papel institucional da comunicação pública para o sucesso da governança. In: **Organicom: revista brasileira de comunicação organizacional e relações públicas**. São Paulo: ECA/ USP, vol. 3, nº 4, 2006

NUVOLARI, Ariovaldo. **Dicionário de Saneamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

OECD – Organization for Co-Operation and Development. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Review: A Synthesis report by the Group on the State of the Environment. OECD: Paris, 1993.

OLIVEIRA, J.F; SANTOS, C.A. **A qualidade da educação : conceitos e definições** . Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Brasília: 2007.

Oliveira, M.C.P ; Ávila, B.T ; FELIPPE, Miguel. F. ; MOURA, M. N. ; SILVA, B.M ; DIAS, J.S . Avaliação macroscópica da qualidade das nascentes do campus da universidade federal de juiz de fora. **Revista de Geografia**, v.3, 2013

PARAGUAÇU, L.; MIRANDA, V.; FELIPPE, M. F., MAGALHÃES-JÚNIOR, A.. Influência da urbanização na qualidade das nascentes de Parques Municipais em belo Horizonte - MG. In: **Anais do VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Recife: UFPE, 2010.

PELLETIER, J. D.; RASMUSSEN, C., Geomorphically based predictive mapping of soil thickness in upland watersheds. **Water Resources Research** 45, 1–15, 2009.

PELOGGIA, A.U.G. **A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do tecnógeno**: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, Volume 27, 1997.

PESSOA, C; BORBA, R. **A compreensão do raciocínio combinatório por alunos do 2º ano do ensino fundamental ao 3º ano do ensino médio**. Anais. IV Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática. Brasília, 2009.

PINTO, L.V.A., BOTELHO, S.A., OLIVEIRA FILHO, A.T.; DAVIDE, A.C. 2005. Estudo da vegetação como subsídio para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Revista Árvore** 29:775-794

PINTO, L.VLA; ROMA, T.N ; BALIEIRO, K.R.C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Cerne, Lavras**, v. 18, n. 3, p. 495-505, 2012

PINTO, Nelson L. de Sousa; HOLTZ, Antônio Carlos Tatit; MARTINS, José Augusto; GOMIDE, Francisco Luiz Sibut. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.

PINTO, M.J.R. **Avaliação de condições ambientais de nascentes de cursos de água**: ferramenta de subsídio à gestão de recursos hídricos e ao planejamento de bacias hidrográficas. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais. São Carlos, 2019

PORTO-GONÇALVES, C. W. **A globalização da natureza e a natureza da globalização**. Rio de Janeiro: Civilização brasileira, 2006.

PRESS, Frank; SIEVER, Raymond; GROTZINGER, John; JORDAN, Thomas H. **Para Entender a Terra**. 4º ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

PRIBERAM. **Dicionário Priberam da Língua Portuguesa**. Portugal: Priberam Informática,S.A., 2009.

RAMOS, T.B. **Sistemas de indicadores e índices ambientais**. 4º Congresso Nacional dos Engenheiros do Ambiente. Portugal: APEA; 1997.

REBOUÇAS, A.C. Águas subterrâneas. In: REBOUÇAS, A. C; BRAGA, J; TUNDISI, J. G. São Paulo. **Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**.Escrituras Editora, 3ª ed, 2006.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Edgar Blücher, 2005.

ROCHA, N. H. ; RIBEIRO, C. B. M. ; MESQUITA, G. P. ; PEREIRA, R. O. ; BRANCO, O.E. . **Caracterização das Nascentes do Jardim Botânico do Município de Juiz de Fora (MG)**. In: XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2012, João Pessoa - PB. Mudanças Climáticas e Prevenção de Riscos Hidrometeorológicos. Rio Grande do Sul: ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2012

RODRIGUEZ, J. M. M.; CAVALCANTI, A. P. B. Meio Ambiente: histórico e contextualização. In: CAVALCANTI, A. P. B. (org.). **Desenvolvimento Sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais**. Fortaleza: UFC, 1997. p. 9-26.

ROONEY, D.J.; LOWERY, B., **A profile cone penetrometer for mapping soil horizons**. Soil Science Society of America Journal 64, 2136- 2139, 2000

ROSA, R.A. Utilização de imagens TM/LANDSAT em levantamento de uso do solo. In: **Vi Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**, 6., Manaus, 1990, Anais... São José dos Campos, INPE, 1990. v.2, p.419-425.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: Ed. UFU, 2007. 248p

ROSSI, Pekka M. et al. Groundwater–surface water interaction between an esker aquifer and a drained fen. **Journal of hydrology**, v. 432, p. 52-60, 2012

ROZADOS, H.B.F. O uso da técnica Delphi como alternativa metodológica para a área da Ciência da Informação. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 64-86,. 2015.

SALAS, H.; MARTINO, P. Metodologias Simplicadas para la Evaluación de Eutroficación en Lagos Cálidos Tropicales. IN_ LIMA: **Programa Regional CEPIS/HPE/IOPS**, 52 p. 2001.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SÁNCHEZ, Luís Henrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: espaço e tempo, razão e emoção.** 3ª ed. São Paulo:Hucitec, 1998. 384 p

SANTOS, M. L. S. et al . Estudo das diferentes formas de fósforo nas águas da plataforma continental do Amazonas. **Quím. Nova**, São Paulo , v. 30, n. 3, p. 569-573, 2007

SANTOS, Micaele B. dos; SOUZA, Liliane Maria M. de; ANTONIASSI, Beatriz. Determinação de Chumbo Utilizando como Reagente Espectrofotométrico o Vermelho de Bromopirgalol (BPR). **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 4, p. 1057-1071, 2015.

SANTOS, R.F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**, São Paulo, Oficina de textos, 2004.

SEIDL, E.M.F; ZANNON, C.M.L Qualidade de vida e saúde: aspectos conceituais e metodológicos. **Cad. Saúde Pública**, Vol. 20, n. 2, p. :580-588, 2004.

SERVA, M. O paradigma da complexidade e a análise organizacional. **Revista de Administração de Empresas**. Vol. 32, nº 2, p. 26-35, 1992.

SERVA, M.; DIAS, T. ALPERSTEDT, G.D. **Paradigma da complexidade e teoria das organizações**: uma reflexão epistemológica. São Paulo, v. 50, n. 3, p. 276-287, 2010.

SICHE, R., et al. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade de Campinas** , v. X, n. 2 , p. 137-148, 2007.

SILVA, C.X.; BARRETO FILHO, B. **Matemática aula por aula**: livro do professor, 2 ed. renov. São Paulo: 2005

SILVA. A. B. **Análise Morfoestrutural, Hidrogeológica e Hidroquímica no Estudo do Aquífero Cárstico do Jaíba, Norte de Minas Gerais**. Universidade de São Paulo - Instituto de Geociências. Tese de Doutorado. São Paulo, 1984.

SILVA. A. P.L; NETO. J. V. F; SILVA. J. H. S. Estudo da vazão hídrica nas nascentes da Serra da Caiçara, Município de Maravilha - Alagoas. **Revista Reflexões E Práticas Geográficas** (Online). Maceió/AL. v. 1, n. 1, p. 82-92, jul./dez. 2014

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? **Trends in Ecology and Evolution**, n. 24: 201-207. 2009.

SOBRAL, V. Definições básicas: dado, indicador e índice. In _ BRASIL. **Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde**. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Saúde ambiental : guia básico para construção de indicadores / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Brasília: 2011

SOTCHAVA, V. B. **Biogeografia**. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. São Paulo: USP, p. 1-24. 1977.

SOTCHAVA, V. B. O estudo do geossistema. In: **Instituto Geográfico do Estado de São Paulo**. Série Métodos em Questão: p. 1-51, 1978

SOUZA, G.M.; BUCKERIDGE, M.S. (2004). Sistemas complexos: novas formas de ver a Botânica. **Revista Brasileira de Botânica**. 27(3): 407-419.

SPRINGER, A. E.; STEVENS, L. E. Spheres of discharge of springs. **Hydrogeology Journal**, v. 17, p. 83-93, 2009

STANDARD METHODS. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**, 22nd ed., prepared and published jointly by The American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation, Washington, DC, 2012

STEVAUX, J. C; LATRUBESSE, E. M. Geomorfologia Fluvial. São Paulo. Org, Francisco de Assis Mendonça. Oficina de textos, **Coleção de geografia**, vol. 3, 2017.

STEVENS, L. E.; MERETSKY, V. J. **Aridlands springs in North America: ecology and conservation**. University of Arizona Press, Tucson, 2008.

STRAHLER, Arthur; STRAHLER, Alan. **Modern Physical Geography**. 4ª ed. New York:John Wiley & Sons, 1992

SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology: an introduction to the study of landforms**. New York: Longman Scientific and Technical, 1991.

Tesfa, T. C.; Tarboton, D. G; Chandler, D. G McNamara, J. P., **Modeling soil depth from topographic and land cover attributes**. Water Resources Research, 45, 1-16, W10438., 2009.

THORNE, C.R., TOVEY, N.K. **Stability of composite river banks**. Earth Sur. Proc. Landforms, 6:469-484, 1981.

TODD, D. K.; MAYS, L. W. **Groundwater hydrology**. John Willey & Sons, 2005.

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira; MACHADO, Pedro José de Oliveira. **Introdução a Hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TUNDISI, J. G.; MATSU MURA-TUNDISI, T.; SIDAGIS GALLI, C. **Eutrofização na América do Sul**: causas, tecnologias de gerenciamento e controle. IIE, Iiega, IAP, Ianas, ABC. 2006.

VALE, C.C. Teoria Geral do Sistema: histórico e correlações com a geografia e com o estudo da paisagem. **Entre-Lugar**, Dourados, MS, ano 3, n.6, p 85-108, 2. semestre de 2012

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro Magalhães; SILVA, Assunta Maria Marques. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. **Eclét. Quím.**, São Paulo , v. 22, p. 49-66, 1997 .

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras. **Viçosa: Aprenda Fácil**, 2005

VAN DER KAMP, G. The hydrogeology of springs in relation to the biodiversity of spring fauna: a review. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 68, n. 2, p. 4-17, 1995.

VARGAS, J. R. A.; FERREIRA JÚNIOR, P. D. Aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida na Caracterização da Qualidade Ambiental de Duas Microbacias do Rio Guandu, Afonso Cláudio, ES. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 17 n.1 - 2012.

VAZQUEZ, C.M.R; NOGUTI, F.C.H. Análise combinatória: alguns aspectos históricos e uma abordagem pedagógica. **Anais do VIII ENEM - Minicurso GT 5 – História da Matemática e Cultura**, 2004

VEADO, R.. **Geossistemas de Santa Catarina**. Tese de Doutorado. Curso de Pós Graduação em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Rio Claro, SP: 1998

VECCHIA, R.D. et al. Qualidade de vida na Terceira idade: um conceito subjetivo. **Rev Bras Epidemiol**, vol. 8, nº 3, p. 246-252, 2005

VETROMILLE-CASTRO, R. Considerações sobre grupos em ambientes virtuais de aprendizagem como sistemas complexos. **Rev. bras. linguist. apl.**, Belo Horizonte , v. 8, n. 1, p. 211-234, 2008.

VICENTE, L.E; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e geografia. **Geografia**, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323-344, 2003.

VIGHI M., FINIZIO A. VILLA S. **The evolution of the environmental quality concept: from the US EPA RedBook to the European Water Framework Directive**. *Environmental Science and Pollution Research*, 13, 9–14, 2006

VILAR, O.M.; PRANDI, E.C. Erosão dos solos. In: Cintra, J.C.A.; Albiero, J.H. (Org.). **Solos do interior de São Paulo**. São Carlos: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica; USP, v.1, 1993. p. 177-206.

VILLELA, L. C.; CALDAS, V. T.; GAMBA, R. C. Análise Microbiológica em Águas Minerais envasadas em embalagens de 510 ml, comercializadas no Município de Santos – SP. **Revista Ceciliana**, São Paulo, p. 4-6, jun. 2010.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. Delphi : uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisa em Administração**, v. 1, n. 12, p. 54-65, 2000.

YAMAGUCHI, UM; CORTEZ, LER; OTTONI, LCC; OYAMA, J. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituições de ensino de Maringá- -PR. **O mundo da saúde**. Vol. 37, n 3, p. 312-320, 2013.

ZANINI, H. L. H. T. **Caracterização limnológica e microbiológica do córrego Rico que abastece Jaboticabal (SP)**. Tese de doutorado em Microbiologia Agropecuária, na Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

Apêndice 1: Protocolo de caracterização de nascentes

1- Profundidade do solo	
<input type="checkbox"/> 1 Rasa	0 - 10 cm
<input type="checkbox"/> 2 Pouco	10- 50 cm
<input type="checkbox"/> 3 Profunda	50- 100 cm
<input type="checkbox"/> 4 Muito profunda	> 100 cm

2- Tipo de uso e ocupação da terra na APP da nascente e na bacia de contribuição	
<input type="checkbox"/> 1 Agricultura	
<input type="checkbox"/> 2 Pecuária	
<input type="checkbox"/> 3 Agropecuária	
<input type="checkbox"/> 4 Extrativismo	
<input type="checkbox"/> 5 Mineração	
<input type="checkbox"/> 6 Áreas especiais	
<input type="checkbox"/> 7 Áreas urbanas	

3- Litologia da bacia de contribuição das nascentes	

4- Litologia do aquífero da nascente	
4.1 Quanto a pressão da água	
<input type="checkbox"/> 1 Livre	
<input type="checkbox"/> 2 Confinado	
<input type="checkbox"/> 3 Suspenso	
4.2 Quanto à capacidade de transmissão da água	
<input type="checkbox"/> 1 Fissural	
<input type="checkbox"/> 2 Granular	
<input type="checkbox"/> 3 Cárstico	

5- Vazão da nascente	
<input type="checkbox"/> Primeira magnitude	2.800 L/s
<input type="checkbox"/> Segunda magnitude	280 – 2.800 L/s
<input type="checkbox"/> Terceira magnitude	28 – 280 L/s
<input type="checkbox"/> Quarta magnitude	6,3 – 28 L/s
<input type="checkbox"/> Quinta magnitude	0,63 – 6,3 L/s
<input type="checkbox"/> Sexta magnitude	63 – 630 mL/s
<input type="checkbox"/> Sétima magnitude	8 – 63 mL/s

<input type="checkbox"/> Oitava magnitude	< 8 mL/s
<input type="checkbox"/> Magnitude zero	Sem vazão

6- Declividade do canal de primeira ordem	
<input type="checkbox"/> 1 Alta	>0,10 m/m
<input type="checkbox"/> 2 Média	0,04 – 0,10 m/m
<input type="checkbox"/> 3 Baixa	0 – 0,039 m/m

7- Usos da água da nascente	
<input type="checkbox"/> 1 Abastecimento público	
<input type="checkbox"/> 2 Hidroeletricidade	
<input type="checkbox"/> 3 Navegação	
<input type="checkbox"/> 4 Irrigação	
<input type="checkbox"/> 5 Recreação	
<input type="checkbox"/> 6 Turismo	
<input type="checkbox"/> 7 Aquacultura	
<input type="checkbox"/> 8 Usos industriais	
<input type="checkbox"/> Usos agrícolas	
<input type="checkbox"/> Pesca intensiva	

8- Morfologia da nascente	
<input type="checkbox"/> 1 Canal	
<input type="checkbox"/> 2 Concavidade	
<input type="checkbox"/> 3 Duto vertical	
<input type="checkbox"/> 4 Duto horizontal	
<input type="checkbox"/> 5 Cavidade	
<input type="checkbox"/> Afloramento rochoso	

9 Tipo de exfiltração	
<input type="checkbox"/> 1 Pontual	
<input type="checkbox"/> 2 Difusa	
<input type="checkbox"/> 3 Múltipla	
<input type="checkbox"/> 4 Antropogênica	

10- Mobilidade da nascente	
<input type="checkbox"/> 1 Fixa	
<input type="checkbox"/> 2 Móvel	

11- Sazonalidade das nascentes **1 Perene** **2 Intermitente** **3 Efêmera**

Apêndice 2: Protocolo de avaliação da qualidade ambiental de nascentes

Parâmetros de Pressão

1- Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	
<input type="checkbox"/> 1 Ruim	Severas intervenções
<input type="checkbox"/> 2 Médio	Alguma intervenção
<input type="checkbox"/> 3 Bom	Nenhuma intervenção

2- Degradação na APP da nascente	
<input type="checkbox"/> 1 Ruim	$\geq 70\%$ da área sem vegetação primária ou secundária
<input type="checkbox"/> 2 Médio	30-70% da área sem vegetação primária ou secundária
<input type="checkbox"/> 3 Bom	$\leq 30\%$ da área sem vegetação primária ou secundária

3- Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	
<input type="checkbox"/> 1 Ruim	Constante
<input type="checkbox"/> 2 Médio	Pouco constante
<input type="checkbox"/> 3 Bom	Raro

4- Assoreamento na nascente	
<input type="checkbox"/> 1 Ruim	Muito material agradacional ($\geq 70\%$ da área da nascente)
<input type="checkbox"/> 2 Médio	Médio (30-70% da área da nascente)
<input type="checkbox"/> 3 Bom	Pouco material agradacional ($\leq 30\%$ da área da nascente)

Parâmetros de Estado

1 - Coliformes Termotolerantes na água	
<input type="checkbox"/> 1 Ruim	≥ 100 UFC
<input type="checkbox"/> 2 Médio	0 – 100 UFC
<input type="checkbox"/> 3 Bom	0 UFC

2- Fósforo na água	
<input type="checkbox"/> 1 Ruim	$\geq 72 \mu\text{g L}^{-1}$ (Eutrófico)
<input type="checkbox"/> 2 Médio	28 -72 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Mesotrófico)
<input type="checkbox"/> 3 Bom	$\leq 28 \mu\text{g L}^{-1}$ (Oligotrófico)

3 DBO na água	
() 1 Ruim	≥ 5 mg/L O ₂
() 2 Médio	3 - 5 mg/L O ₂
() 3 Bom	≤ 3 mg/L O ₂

4 Óleos e graxas na água	
() 1 Ruim	Presente
() 2 Médio	Iridescência
() 3 Bom	Ausente

Parâmetros de Resposta

1 Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	
() 1 Ruim	Programas de EA efetivados em escalas geográficas inferiores às UPGRHs estaduais, específicos ou não para nascentes
() 2 Médio	Programas de EA efetivados no âmbito das UPGRHs estaduais não específico para nascentes
() 3 Bom	Programas de EA efetivados no âmbito das UPGRHs estaduais, específicos para nascentes

2- Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	
() 1 Ruim	Inexistência de quaisquer programas de proteção e recuperação na nascente
() 2 Médio	Existência de programas de proteção e recuperação na nascente ainda sem devida execução ou efetivação
() 3 Bom	Existência e efetivação de um ou mais programas ou projetos de proteção e recuperação na nascente

3 Articulação entre população e entidades de regulação	
() 1 Ruim	Inexistente
() 2 Médio	Pouco vigente
() 3 Bom	Vigente

4 Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	
<input type="checkbox"/> 1 Ruim	Inexistente
<input type="checkbox"/> 2 Médio	Pouco vigente
<input type="checkbox"/> 3 Bom	Vigente

Apêndice 3 – Matrizes para a cruzamento dos parâmetros , originando o indicador final

Parâmetros de Pressão

Primeiro par de parâmetros:

Parâmetro	Classificação após preenchimento do PAAN
Assoreamento na nascente	
Degradação na APP da nascente	

Degradação na
APP da
nascente.

Assoreamento na nascente

		3	2	1
3	3	3	2	2
2	2	2	2	1
1	2	2	1	1

Parâmetro oriundo do cruzamento acima: Morfodinâmica da nascente.

Classificação: ____1____

Segundo par de parâmetros:

Parâmetro	Classificação após preenchimento do PAAN
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	

Acesso de
pessoas,
animais
domésticos e
criações à
nascente

Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente

		3	2	1
3	3	3	2	2
2	2	2	2	1
1	2	2	1	1

Parâmetro oriundo do cruzamento acima: Contato com a nascente.

Classificação: ____2____

Cruzamento dos parâmetros Morfodinâmica da nascente e Contato com a nascente

		Morfodinâmica da nascente		
		3	2	1
Contato com a nascente	3	5	4	3
	2	4	3	2
	1	3	2	1

Indicador final de Pressão: Classificação 2

Parâmetros de Estado

Primeiro par de parâmetros:

Parâmetro	Classificação após preenchimento do PAAN
Coliformes termotolerantes na água	
DBO na água	

		Coliformes termotolerantes na água		
		3	2	1
DBO na água	3	3	2	2
	2	2	2	1
	1	2	1	1

Parâmetro oriundo do cruzamento acima: Poluição microbológica na nascente.

Classificação: _____

Segundo par de parâmetros:

Parâmetro	Classificação após preenchimento do PAAN
Chumbo total na água	
Óleos e graxas na água	

Óleos e graxas na águaChumbo total
na água

	3	2	1
3	3	2	2
2	2	2	1
1	2	1	1

Parâmetro oriundo do cruzamento acima: Poluição química da água.

Classificação: _____

Cruzamento dos parâmetros Poluição microbiológica da água e Poluição química da água**Poluição microbiológica da água**Poluição
química da
água

	3	2	1
3	5	4	3
2	4	3	2
1	3	2	1

Indicador final de Estado: Classificação _____

Parâmetros de Resposta

Primeiro par de parâmetros:

Parâmetro	Classificação após preenchimento do PAAN
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes	
Articulação entre população e entidades de regulação.	

Articulação entre
população e
entidades de
regulação.

Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes

	3	2	1
3	3	2	2
2	2	2	1
1	2	1	1

Parâmetro oriundo do cruzamento acima: Governança.

Classificação: _____

Segundo par de parâmetros:

Parâmetro	Classificação após preenchimento do PAAN
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP.	

Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes

Combate e –
ou controle de
processos
erosivos na
APP.

		3	2	1
3		3	2	2
2		2	2	1
1		2	1	1

Parâmetro oriundo do cruzamento acima: Recuperação ambiental de nascentes

Classificação: _____

Cruzamento dos parâmetros Governança e Recuperação ambiental de nascentes

		Recuperação ambiental de nascentes		
		3	2	1
Governança	3	5	4	3
	2	4	3	2
	1	3	2	1

Indicador final de Resposta: Classificação _____

Apêndice 4 – Primeira rodada do Painel Delphi: Os 84 parâmetros, os 25 primeiros painelistas participantes, as notas atribuídas a cada um dos parâmetros dispostos e os cálculos da média e moda.

arâmetros – Indicadores – Variáveis	Pesquisador																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Acidez do solo	2	2	3	2	2	2	2	4	2	5	2	2	3		2	1	2	2	1	3	2	4	2	2	2
Acesso de animais domésticos e criações à nascente	5	5	4	3	5	2	4	5	3	4	2	4	3	5	3	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4
Amônia na água	2	4	4	3	5	4	4	3	3	4	2	3	4	3	4	5	5		5	5	2	5	4	2	3
Áreas degradadas na APP da nascente	5	5	4	5	4	2	5	5	5	4	3	5	3	4	3	3	4	4	4	5	5	3	5	5	4
Áreas degradadas na bacia de contribuição da nascente	4	5	4	4	3	2	4	4	3	4	3	5	3	4	3	5	5	3	1	4	4	5	4	5	4
Arsênio total na água	2	5	4	3	2	3	5	3	4	4	2	3	4		4	3	5		2		2	3	4	1	3
Articulação entre população e entidades de regulação, caso haja qualquer problema em relação à qualidade da água	4	3	4	4	3	2	5	4	2	3	1	4	4	3	2	3	5	4	3	3	4	5	5	5	3
Assoreamento na nascente	5	5	5	5	5	2	5	5	4	3	3	5	4	4	4	5	3	4	5	5	5	5	5	5	4
Capacidade de armazenamento de água do solo	3	5	3	4	4	1	4	4	2	3	3	3	4		2	1	4	3	5	5	3	5	2	4	2
Capacidade de infiltração de água do solo	4	4	3	4	5	1	4	4	2	4	4	3	3	3	2	1	3	3	5	5	3	5	2	4	2
Capacidade de troca catiônica do solo	2	2	2	2	2	1	2	2	2	4	3	2	4		2	1	3	2	1	1	2	5	2	2	2
Capacidade de troca de íons do solo	2	2	2	2	2	1	2	2	2	4	3	2	4		2	1	3	2	1	1	2	5	2	2	2
Carbono orgânico total no solo	3	2	2	3	2	2	3	3	2	4	2	2	4		2	1	3	2	1	4	3	5	2	4	2
Classe de solo	4	2	2	3		2	3	4	2	3	3	2	2		2	1	3	2	3		2	5	2	4	2
Chumbo total na água	3	5	2	2	2	3	4	2	4	3	2	4	3		4	3	5		2	5	2	3	2	2	3
Chumbo total no solo	3	4	2	2	2	3	3	2	2	3	2	4	3		2	1	4	2	2		2	3	2	2	2
Cianeto livre na água	3	5	2	2	2	3	4	2	4	4	2	4	4		4	3	5		1		2	2	2	2	3
Cloreto total na água	4	5	2	3	3	2	3	4	4	4	2	3	3		4	3	5		2		4	2	2	4	3
Cloro residual total na água	2	5	2	3	1	2	3	2	4	3	2	3	3		4	3	4		1		1	2	2	1	3
Clorofila na água	2	3	2	3	1	4	3	1	4	3	2	3	4		4	3	5		1	5	2	1	2	2	3
Coliformes termotolerantes na água	3	5	4	4	5	4	4	3	5	3	3	3	3	3	4	5	5		3	5	3	5	4	4	5
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	5	4	5	5	4	2	5	4	4	3	2	4	3	4	2	3	4	4	4	4	5	4	5	4	3

Combate e – ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição	4	4	5	4	4	2	5	4	3	3	2	4	3	3	2	5	5	3	4	4	3	4	3	5	3
Condutividade hidráulica saturada do solo	3	2	2	2	5	2	3	2	2	3	2	2	3		2	1	3	2	5	5	2	5	2	2	2
Conhecimento acerca da existência da nascente	4	5	4	4		2	4	4		4	1	5	4	3	2	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5
Contaminação do solo	4	4	5	4		4	4	4	2	5	4	4	4		2	5	5	4	5	5	3	5	2	4	2
Cor verdadeira da água	3	4	4	3	3	2	3	2	4	3	2	2	3		4	1	4		1	4	3	4	3	3	4
DBO na água	3	5	2	4	3	2	4	3	5	3	3	3	3	3	4	5	5		2		3	5	3	3	4
Declividade da bacia de contribuição	2	2	2	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	2	1	4	2	3	2	2	5	1	4	2
Densidade do solo	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	1	2	1	3	2	1	3	2	5	1	2	2
Dureza da água	2		2	2	2	2	3	3	4	3	2	3	2		4	1	5		1	3	2	4	1	2	4
Erodibilidade – fragilidade do solo	5	4	4	3	4	2	3	4	2	3	2	4	2		2	3	4	2	2	5	3	4	4	4	2
Erosão acelerada na bacia de contribuição	4	5	4	3	3	2	4	3	2	3	2	4	2		3	5	5	3	2	4	3	5	4	5	2
Erosividade das chuvas	3	4	2	4	3	2	3	3	2	3	2	4	2		2	1	4	4	3	4	2	4	2	4	2
Estabilidade de agregados do solo	3	2	2	4	3	2	3	3	2	4	2	2	2		2	1	3	2	3	5	3	5	2	4	2
Estrutura do solo	2	2	2	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3		2	1	4	2	3	5	2	4	2	3	2
Eutrofização da água	2	5	2	3	4	4	5	2	5	3	4	4	4		4	5	5	4	2	5	2	5	2	3	2
Existência de algum cuidador da nascente	4	1	2	4	5	1	3	3	2	3	2	3	4		2	5	4	4	3	5	4	4	4	4	5
Existência de programas do governo para averiguar a qualidade da água das nascentes	4	2	3	4	5	3	4	3		3	1	3	3	4	2	4	4	5	4	5	4	3	2	5	3
Existência de programas do governo para a proteção das nascentes	5	2	4	5	5	2	4	5		3	3	5	3	4	2	5	4	5	5	5	5	3	2	5	5
Existência de projetos de recuperação e – ou conservação das nascentes	5	3	4	5	5	2	5	5		4	3	5	4	4	2	5	5	5	5	5	5	5	2	5	5
Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da APP	5	3	4	5	5	2	5	5		3	5	4	4	2	4	5	5	5	5	4	5	2	5	5	
Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da bacia de contribuição	4	3	4	4	5	2	5	3		4	3	5	4	3	2	4	5	5	5	4	3	5	2	5	5
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza a água das nascentes	5	3	5	4	5	2	5	5		4	2	3	4	2	2	4	5	5	5	4	3	5	2	4	5
Fenóis na água	2	5	2	2	2		4	2	4	3	2	3	4		4	3	4		2		2	2	2	2	3
Fósforo total na água	2	5	2	2	3	4	4	2	5	3	2	4	4	4	4	5	4		3	5	2	5	2	2	4
Fósforo total no solo	2	4	2	2	2	4	3	2	2		2	3	4		2	1	4	2	2	2	2	5	2	2	2
Garantia de informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados a mesma	5	5	5	4	4	2	5	4	1		1	3	5	5	2	5	5	5	3	5	3	5	2	4	5

Lixo na APP da nascente	5	4	5	4	5	3	4	4	4	3	2	3	4	5	3	3	4	4	5	5	4	5	4	5	5
Lixo na bacia de contribuição	4	4	5	3	5	3	4	3	3	3	2	3	4	4	3	5	5	4	5	4	3	5	3	5	5
Matéria orgânica do solo	2	2	3	2	3	2	3	2	2	4	2	3	4		2	1	3	2	2	5	2	5	2	3	2
Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais na água	3	5	5	3	5	2	4	3	5	3	2	4	4	4	4	4	5		5	5	3	5	2	3	5
Mercúrio na água	5	5	4	4	3	4	5	4	5	3	3	4	4		4	5	5		2	5	2	2	2	4	3
Nitrato na água	3	5	2	4	3	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	4	4		2	5	3	2	2	3	4
Nitrito na água	2	5	2	3	3	4	4	2	5	3	3	3	4		4	5	4		2	5	2	5	2	2	3
Nitrogênio total na água	2	5	3	2	3	4	4	2	4	3	2	3	4		4	3	4		2	5	2	4	2	2	4
Nitrogênio total no solo	2	4	3	2	3	4	3	2	2	3	2	3	4		4	1	5	2	2	2	2	4	2	2	2
Nitrogênio amoniacal total na água	3	5	3	3	3	4	4	3	4	3	2	3	4		4	5	4		2	5	3	4	2	3	4
Nível de dificuldade de acesso à nascente	3	3	3	3	5	1	3	3		2	5	3	3	4	2	4	4	3	2	5	3	5	3	4	4
OD na água	4	5	2	3	4	4	4	4	5	2	3	2	4	3	4	4	4		2	4	4	3	2	4	4
Óleos e graxas na água	4	5	3	3	3	2	4	3	5	2	2	4	4	4	4	3	5		2	4	2	5	2	2	5
Pesca não-autorizada na nascente	3	3	3	3	3	4	3	2	3	2	1	3	4		2	5	3	3	3	5	2	5	3	2	
Perfil de curvatura da vertente (côncavo ou convexo)	3	2	3	2	3	1	3	2	2	2	2	2	2		2	1	3	2	3	4	2	4	4	4	2
Permeabilidade do solo	3	4	3	2	4	2	3	2	2	4	3	3	2		2	1	3	2	4	4	2	4	2	2	2
PH da água	3	5	3	4	5	4	3	4	5	2	3	3	3	4	4	3	4		5	4	3	5	2	3	5
Plano de curvatura da vertente (convergente ou divergente)	2	2	3	2	3	1	3	2	2	2	3	2	2		2	1	4	2	3		2	3	2	4	2
Plasticidade do solo	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2		2	1	2	2	2		2	5	2	2	2
Pluviosidade total anual	3	3	3	3	5	1	3	3	3	2	5	4	3		2	1	4	2	5	3	2	5	2	4	2
Porosidade do solo	3	3	3	2	5	2	3	2	2	3	4	3	3		2	1	3	2	5	3	2	5	2	2	2
Presença de organismos macroscópicos que habitam o solo	2	2	2	2	3	2	3	2	2	3	3	3	3		2	1	4	2	3	2	2	2	2	2	2
Profundidade do solo	3	2	2	3	4	1	4	3	2	4	3	3	3		2	1	4	2	5	3	3	5	2	4	2
Registro de queimadas ao redor da nascente	4	5	5	3	3	2	5	4	4	3	3	3	3		4	3	4	4	2	4	3	5	4	3	3
Registro de queimadas na bacia de contribuição	3	4	5	2	3	2	5	2	3	3	3	3	3		3	5	5	3	2	4	2	5	3	2	3
Sulfato total na água	2	5	2	2	3	2	3	2	4	3	2	2	3		4	3	4		2	5	2	5	2	2	4
Sulfeto (H2S não dissociado) na água	2	5	2	2	1	2	3	2	4	3	2	2	3		4	2	4		1	5	2	3	2	2	3
Textura do solo	4	3	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	3		2	1	4	2	3	4	2	5	2	2	2
Turbidez da água	4	4	4	3	3	5	3	3	5	3	2	3	3	4	4	3	5		2	5	3	5	2	3	4

Umidade do solo	3	2	2	2		2	3	3	2	4	3	3	3		2	1	3	2	4	3	2	5	2	2	2
Usos da água da nascente	4	5	5	4	4	5	5	4	3	4	3	5	3	5	3	5	4	4	5	5	3	5	5	3	4
Usos da água da bacia de contribuição	4	5	5	3	4	5	5	3	3	4	3	5	3	4	3	5	5	3	5	5	3	5	3	3	4
Uso e ocupação da terra na APP da nascente	5	5	5	4	5	5	5	4	4	3	5	5	3	5	3	5	4	4	5	5	3	5	5	3	4
Uso e ocupação da terra na bacia de contribuição	4	5	5	3	5	5	4	4	3	3	5	5	3	4	3	5	5	3	5	4	4	5	3	4	4
Vegetação nativa presente na APP da nascente	5	5	5	5	5	5	4	5	4	3	4	5	3	5	2	4	4	4	5	5	5	4	5	5	4
Vegetação nativa presente na bacia de contribuição	4	4	5	4	5	5	4	4	3	3	4	5	3	4	2	5	5	3	5	4	4	4	2	5	4
	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	2		4	3	3	4	2	4	2		
MÉDIA	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'
	3	8	2	1	5	6	7	1	2	2	5	3	3	7	8	3	2	1	1	3	8	3	6	3	3
MODA	3	5	2	3	3	2	3	2	2	3	2	3	3	4	2	1	4	2	5	5	2	5	2	2	2
						1										2		1							
CONT. 1	0	1	0	0	3	2	0	1	1	0	6	0	0	1	0	9	0	0	2	2	1	1	3	2	0
	2	1	3	2	1	4		2	3		4	1	1		4			2	2		3		5	2	3
CONT. 2	3	9	3	6	3	1	5	8	0	9	0	6	1	1	4	1	2	5	5	4	9	7	3	8	1
	2	1	1	2	2		3	2	1	4	2	3	3	1	1	1	1	1	1		2			1	1
CONT. 3	5	1	7	8	8	7	2	5	3	8	8	7	8	1	1	8	5	1	5	8	6	9	9	4	7
	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2		1	3	1	2	1	3	1		1	1	1	1	2	2
CONT. 4	2	7	7	3	2	6	9	2	0	2	6	7	4	8	9	0	5	6	6	9	2	6	1	2	1
	1	3	1		2		1		1			1				2	3		2	4		5		1	1
CONT. 5	4	5	7	7	4	7	8	8	2	2	4	4	1	6	0	6	2	7	6	1	6	1	8	8	4
	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	3	8	8	8	5	8	7	8	8	8	8	8
CONT. N	4	3	4	4	0	3	4	4	6	1	4	4	4	7	4	4	4	9	4	4	4	4	4	4	3

Apêndice 5 – Primeira rodada do Painel Delphi: Os 84 parâmetros, os restantes 21 painelistas participantes, as notas atribuídas a cada um dos parâmetros dispostos e os cálculos da média e moda.

Parâmetros – Indicadores – Variáveis	Pesquisador 26	Pesquisador 27	Pesquisador 28	Pesquisador 29	Pesquisador 30	Pesquisador 31	Pesquisador 32	Pesquisador 33	Pesquisador 34	Pesquisador 35	Pesquisador 36	Pesquisador 37	Pesquisador 38	Pesquisador 39	Pesquisador 40	Pesquisador 41	Pesquisador 42	Pesquisador 43	Pesquisador 44	Pesquisador 45	Pesquisador 46	Pesquisador 47	MÉDIA	MODA
	Acidez do solo	3	2	1	3	3	2	2	3	4	3	5	2	2	2	3	3	4	3		4	5	2	2,
Acesso de animais domésticos e criações à nascente	3	3	5	5	3	4	5	5	5	5	5	4	4	3	4	3	5	3	5	5	5	5	4,	5
Amônia na água	4	4	4	5	2	4	5	5	4	5	5	3	5	3	4	3	4	4	5	4	4	2	3,	4
Áreas degradadas na APP da nascente	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	5	4	5	5	4,	5
Áreas degradadas na bacia de contribuição da nascente	3	3	4	3	5	5	5	4	5	5	2	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	3,	4
Arsênio total na água	5	4	2	3	4	4	2	4	4	3	5	4	5	2	2	4	4	5	5	4	4	2	3,	4
Articulação entre população e entidades de regulação, caso haja qualquer problema em relação à qualidade da água	2	3	2	4	5	4	5	3	5	5	4	2	2	1	4	4	2	4	4	2	4	4	3,	4
Assoreamento na nascente	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4	5	3	5	5	4	5	4,	5
Capacidade de armazenamento de água do solo	2	3	2	3	3	4	4	3	3	4	3	2	1	3	5	3	4	3	5	4	3	3	3,	3
Capacidade de infiltração de água do solo	2	4	2	3	3	5	4	3	4	4	4	2	3	4	5	3	3	4	5	3	3	3	3,	3
Capacidade de troca catiônica do solo	2	2	2	3	3	4	2	4	3	4	4	2	1	4	4	2	2	3	1	2	3	2	2,	2
Capacidade de troca de íons do solo	2	2	2	3	3	4	2	4	3	4	4	2	1	5	4	2	2	3	1	2	3	2	2,	2
Carbono orgânico total no solo	2	2	2	3	3	3	3	4	3	4	4	1	2	4	4	3	2	3	2	2	4	2	2,	2

Dureza da água	4	4	2	2	2	2	2	3	4	5	4	2	3	4	3	3	3	2	4	3	5	2	2, 84	2
Erodibilidade – fragilidade do solo	2	2	4	2	3	3	5	4	3	3	5	1	3	5	4	4	4	4	5	4	4	3	3, 35	4
Erosão acelerada na bacia de contribuição	3	3	4	3	4	4	5	5	4	3	3	3	3	5	5	4	4	4	5	4	5	3	3, 65	3
Erosividade das chuvas	1	2	3	2	3	4	4	5	3	2	5	1	3	5	4	4	3	4	3	3	4	2	3, 02	4
Estabilidade de agregados do solo	1	2	3	2	3	3	3	3	4	2	5	1	3	5	4	4	3	4	4	3	4	3	2, 93	3
Estrutura do solo	2	2	3	2	3	3	2	2	3	2	5	2	4	5	4	4	3	2	3	3	5	3	2, 85	2
Eutrofização da água	4	4	5	3	4	4	2	4	5	5	5	3	4	3	5	3	3	4	5	3	5	3	3, 74	5
Existência de algum cuidador da nascente	2	2	5	5	4	5	4	4	4	5	5	4	5	3	5	5	4	2	5	4	4	5	3, 74	4
Existência de programas do governo para averiguar a qualidade da água das nascentes	2	2	5	3	5	5	5	5	5	2	4	2	5	3	5	3	4	3	5	4	4	5	3, 67	5
Existência de programas do governo para a proteção das nascentes	2	4	5	3	5	5	5	5	5	3	5	2	5	3	5	3	4	3	5	4	4	5	4, 04	5
Existência de projetos de recuperação e – ou conservação das nascentes	3	2	5	3	4	5	5	5	4	3	5	4	5	4	5	3	4	3	5	4	5	5	4, 22	5
Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da APP	2	2	5	3	5	5	5	5	4	3	5	4	5	4	5	3	4	4	5	4	4	4	4, 16	5
Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da bacia de contribuição	3	3	5	3	5	5	5	5	4	5	3	4	5	4	5	3	4	5	5	4	5	4	4, 09	5
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza a água das nascentes	2	2	5	3	5	4	3	4	4	5	5	4	4	3	5	4	4	4	4	4	5	4	3, 91	4
Fenóis na água	4	4	4	3	3	4	2	5	3	5	5	4	4	3	3	3	4	4	5	4	3	2	3, 26	4
Fósforo total na água	4	4	5	1	3	4	2	4	5	5	5	4	3	2	4	3	3	4	3	3	5	3	3, 50	4
Fósforo total no solo	1	2	3	1	3	4	2	3	5	3	5	2	2	2	4	3	3	4	2	3	5	2	2, 71	2
Garantia de informações à população sobre a qualidade da água para consumo	2	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	4	2	4	4	4	3	4	4	5	4	4, 4	5

Plano de curvatura da vertente (convergente ou divergente)	2	2	3	2	4	2	2	3	2	3	5	2	4	3	3	2	3	3	3	3	4	2	2, 58	2
Plasticidade do solo	2	2	3	2	3	1	2	3	2	2	5	1	2	3	3	2	2	3	3	2	4	2	2, 24	2
Pluviosidade total anual	2	3	5	3	4	4	2	3	3	3	5	4	4	2	3	3	3	5	5	3	5	2	3, 24	3
Porosidade do solo	2	3	4	3	4	4	2	3	3	2	5	2	3	5	3	3	3	3	4	3	4	2	2, 98	3
Presença de organismos macroscópicos que habitam o solo	2	2	5	2	3	4	2	4	3	2	5	5	2	4	3	3	2	2	3	2	4	2	2, 65	2
Profundidade do solo	1	2	4	2	4	4	3	3	4	3	5	2	4	4	3	3	4	3	4	4	4	3	3, 11	3
Registro de queimadas ao redor da nascente	3	4	5	2	4	3	3	5	4	3	5	4	5	4	4	2	4	4	4	4	3	3	3, 65	4
Registro de queimadas na bacia de contribuição	3	3	5	2	4	3	2	5	3	3	3	4	5	4	4	2	3	4	4	3	4	3	3, 35	3
Sulfato total na água	4	4	4	2	3	3	2	3	5	5	5	4	5	2	4	3	4	5	4	4	4	2	3, 31	2
Sulfeto (H2S não dissociado) na água	4	4	4	2	3	4	2	5	5	5	5	4	5	2	4	3	4	5	5	4	3	2	3, 22	2
Textura do solo	2	2	2	2	4	4	2	3	3	2	5	2	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2, 65	2
Turbidez da água	4	4	5	2	4	3	3	4	5	5	5	2	3	2	4	3	3	4	5	3	4	3	3, 59	3
Umidade do solo	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	4	2	3	5	4	3	2	3	3	2	4	2	2, 67	2
Usos da água da nascente	3	3	5	4	5	5	3	4	5	5	5	4	5	3	5	4	4	3	1	4	5	5	4, 15	5
Usos da água da bacia de contribuição	3	3	5	4	5	5	3	4	4	5	5	4	5	3	5	4	4	3	2	4	4	4	4, 00	5
Uso e ocupação da terra na APP da nascente	3	3	5	4	5	5	3	5		5	5	5	5	4	5	5	4	4	5	4	5	5	4, 41	5
Uso e ocupação da terra na bacia de contribuição	3	3	5	4	5	4	4	5	5	5	4	4	5	4	5	5	3	4	5	3	4	4	4, 17	5
Vegetação nativa presente na APP da nascente	2	2	5	5	5	4	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5	4, 4,	5

Vegetação nativa presente na bacia de contribuição

MÉDIA

MODA

CONT. 1

CONT. 2

CONT. 3

CONT. 4

CONT. 5

CONT. N

	2	3	5	4	5	4	5	5	5	3	4	4	5	5	5	5	3	4	5	3	5	4	40	4,	5
MÉDIA	3	3	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	
MODA	2	4	5	3	3	4	2	5	5	5	5	4	5	5	5	3	4	4	5	4	2				
CONT. 1	6	0	1	8	0	1	1	0	0	2	0	2	4	1	0	2	0	0	4		0	2			
CONT. 2	3	3	1	2			3			1		1		1			1					3			
CONT. 3	3	1	6	8	6	9	5	3	8	1	2	9	6	5	6	9	2	8	8		0	2			
CONT. 4	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2		1	1	2	1	4	3	2	1		1	2			
CONT. 5	8	9	7	8	9	5	7	4	8	8	8	3	9	1	9	4	0	7	4		4	3			
CONT. N	2	3	1		2	3	1	2	2		1	2	1	2	2	2	3	3	1		4	1			
	4	4	5	6	9	8	1	2	6	7	8	9	5	3	7	1	8	3	7		4	5			
			3	1	2	2	2	3	3	3	5	1	4	2	3		1	4			2	1			
	3	0	5	4	0	1	0	5	1	6	6	1	0	4	2	8	4	6	0		6	2			
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	8			
	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3		4	4			

Apêndice 6 – Segunda rodada do Painel Delphi: A seleção dos 5 parâmetros de Pressão, os 5 parâmetros de Estado e os 5 parâmetros de Resposta e a contagem dos mesmos

	Pesquisador 1	Pesquisador 2	Pesquisador 3	Pesquisador 4	Pesquisador 5	Pesquisador 6	Pesquisador 7	Pesquisador 8	Pesquisador 9	Pesquisador 10	Pesquisador 11	Pesquisador 12	Pesquisador 13	Pesquisador 14	Pesquisador 15	Pesquisador 16	Pesquisador 17	Pesquisador 18	Pesquisador 19	Pesquisador 20	Pesquisador 21	Pesquisador 22	Pesquisador 23	Pesquisador 24	Pesquisador 25	Pesquisador 26		
PARÂMETROS DE PRESSÃO	SELEÇÃO																									TO TA L		
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente		x	x	x	x	x				x			x	x	X	x	x		x	x			x		x	x	x	18
Degradação na APP da nascente	x				x	X	X	X		x	X	X	X		X		X	x			x	x	X	X	x	x		19
Degradação na bacia de contribuição da nascente	x	X	X	X			X	X	X						X	X		x	X	X	x	x		X		x	17	
Assoreamento na nascente	x	X	X		x						X	X	X	x	X	X		x		X		x	X	X	x	x	18	
Erosão acelerada na bacia de contribuição	x	X		X				X	X	x	X			x			X	x	X		x	x	X				15	
Lixo na APP da nascente						X	X		X		X	X		x				x	X	X				X	x	x	13	
Lixo na bacia de				X															X					X			4	

PARÂMETROS DE ESTADO	SELEÇÃO																				TOTAL						
Arsênio total na água					X	X	X									X	X			x		X			x	9	
Chumbo total na água		X			x	X	X	X								X					x	X	X			x	11
Cloreto total na água										X	X																3
Coliformes termotolerantes na água	x	X	X	X	x	X			X	X		x	x		X	X	X	X	x			X	X	x	x	22	
DBO na água		X	X	X					X	X	X				X		X		x	x		X				12	
Eutrofização da água	x		X				X	X		X	X		X		X	X	X		x	X	X	x				15	
Fósforo total na água	x			X								x										X				5	
Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais na água						X			X			X		X	X					x			X	x	x	10	
Mercúrio na água		X			x		X	X	X							X	X					X	X			x	11
Nitrogênio total na água				X					x	X					X								X			6	
OD na água					x							x	x								x					5	
Óleos e graxas na água		X			x	X	X	X	x			X		X						x			X	X		12	
PH da água				X					X				x		X											5	
Turbidez da água				X					x			X	x	x	X								X	x		10	

	Pesquisador 1	Pesquisador 2	Pesquisador 3	Pesquisador 4	Pesquisador 5	Pesquisador 6	Pesquisador 7	Pesquisador 8	Pesquisador 9	Pesquisador 10	Pesquisador 11	Pesquisador 12	Pesquisador 13	Pesquisador 14	Pesquisador 15	Pesquisador 16	Pesquisador 17	Pesquisador 18	Pesquisador 19	Pesquisador 20	Pesquisador 21	Pesquisador 22	Pesquisador 23	Pesquisador 24	Pesquisador 25	Pesquisador 26		
PARÂMETROS DE RESPOSTA	SELEÇÃO																									TO TAL		
Articulação entre população e entidades de regulação	x	X	X		x	X	X	X	X		X				x		X	x	X	X		x		X	x	x	19	
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	x				x		X		X		X	X	X	x	x		X	x			x	x	X	X			16	
Combate e – ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição	x			X				X	X	x	X			x		X		x	X	X	x	x	X				15	
Conhecimento acerca da existência da nascente			X									X				X									X	x	x	7
Existência de algum cuidador da nascente			X	X		X	X					X	X	x		X	X							X	X			12
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	x	X		X	x	X		X	X	x			X	x	x	X	X	x	X	X	x	x			X	x		21
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes		X	X	X	x	X	X	X	X	x	X	X	X		x	X	X	x	X	X		x			X	x	x	23
Garantia de informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos a saúde associados a mesma		X		X				X				X			x					X	X				X		x	10
Cercamento da nascente para a sua proteção		X	X			X	X			x			X	x								x		X	X		x	12
Localização (unidade de conservação, propriedade particular ou livre acesso)	x				x					x	X											x		X	X	x		9

Apêndice 7 – Carta aos especialistas: Convite e instruções para a primeira e segunda rodada do Delphi

Universidade Federal de Juiz de Fora

Programa de Pós-Graduação em Geografia – PP GEO

Mestranda: Mirella Nazareth de Moura - mirellanm92@hotmail.com

Orientador: Prof. Dr. Miguel Fernandes Felipe - miguel.felippe@ufjf.edu.br

APRESENTAÇÃO: Este estudo parte da necessidade de se desenvolver procedimentos mais robustos para a avaliação da qualidade ambiental de nascentes, integrando todos os elementos constituintes desses sistemas ambientais. Para a construção de uma proposta metodológica, um painel de especialistas (método Delphi) será consultado para seleção dos parâmetros a serem utilizados. Posteriormente, em uma segunda rodada, uma síntese prévia das opiniões dos partícipes (sem identificação das respostas individuais) será colocada para apreciação dos mesmos especialistas, buscando conduzir a um discurso de consenso.

É importante ressaltar que para esta avaliação, entendemos as nascentes como um sistema ambiental, composto por três subsistemas em complexa interação: hidrológico, ecológico e morfológico¹¹. Percebe-se, então, que para avaliar a qualidade ambiental das nascentes, é insuficiente considerar apenas os parâmetros referentes à qualidade da água, havendo a necessidade de se abarcar também os demais subsistemas que a constituem.

OBJETIVO DO PAINEL DELPHI (Rodada 1): Eleger os parâmetros mais relevantes para compor uma proposta metodológica de avaliação da qualidade ambiental de nascentes.

OBSERVAÇÕES:

- As respostas devem ser dadas considerando o contexto geral do país, e não especificidades locais.
- Os parâmetros levantados serão posteriormente enquadrados em grupos de indicadores de estado, de pressão e de resposta, conforme metodologia da OECD.
- São elencados tanto parâmetros qualitativos como quantitativos, uma vez que a técnica de integração dos mesmos somente será definida após a resposta do painel.

¹¹ Para maiores informações sobre a base conceitual da proposta, consultar FELIPPE, M.F.; MAGALHÃES JUNIOR, A.P.M. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. Revista Geografias, v. 9, n. 1, p. 70-81, 2013. Disponível em: <https://igc.ufmg.br/portaldeperiodicos/index.php/geografias/article/view/583>

- Aqueles parâmetros que não apresentarem avaliação (em branco) serão considerados não relevantes.

ORIENTAÇÕES: Para julgamento dos parâmetros, é pedido que atribua uma “nota”, de 1 a 5 para cada um deles, sendo:

- 1- Não relevante
- 2- Relevante
- 3- Importante
- 4- Muito importante
- 5- Essencial

Parâmetros – Indicadores – Variáveis	Nota
Acidez do solo	
Acesso de animais domésticos e criações à nascente	
Amônia na água	
Áreas degradadas na APP da nascente	
Áreas degradadas na bacia de contribuição da nascente	
Arsênio total na água	
Articulação entre população e entidades de regulação, caso haja qualquer problema em relação à qualidade da água	
Assoreamento na nascente	
Capacidade de armazenamento de água do solo	
Capacidade de infiltração de água do solo	
Capacidade de troca catiônica do solo	
Capacidade de troca de íons do solo	
Carbono orgânico total no solo	
Classe de solo	
Chumbo total na água	
Chumbo total no solo	
Cianeto livre na água	
Cloreto total na água	
Cloro residual total na água	
Clorofila na água	
Coliformes termotolerantes na água	
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	
Combate e – ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição	
Condutividade hidráulica saturada do solo	
Conhecimento acerca da existência da nascente	
Contaminação do solo	
Cor verdadeira da água	
DBO na água	
Declividade da bacia de contribuição	
Densidade do solo	
Dureza da água	
Erodibilidade – fragilidade do solo	
Erosão acelerada na bacia de contribuição	
Erosividade das chuvas	
Estabilidade de agregados do solo	
Estrutura do solo	

Eutrofização da água	
Existência de algum cuidador da nascente	
Existência de programas do governo para averiguar a qualidade da água das nascentes	
Existência de programas do governo para a proteção das nascentes	
Existência de projetos de recuperação e – ou conservação das nascentes	
Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da APP	
Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da bacia de contribuição	
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza a água das nascentes	
Fenóis na água	
Fósforo total na água	
Fósforo total no solo	
Garantia de informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados a mesma	
Lixo na APP da nascente	
Lixo na bacia de contribuição	
Matéria orgânica do solo	
Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais na água	
Merúrio na água	
Nitrato na água	
Nitrito na água	
Nitrogênio total na água	
Nitrogênio total no solo	
Nitrogênio amoniacal total na água	
Nível de dificuldade de acesso à nascente	
OD na água	
Óleos e graxas na água	
Pesca não-autorizada na nascente	
Perfil de curvatura da vertente (côncavo ou convexo)	
Permeabilidade do solo	
PH da água	
Plano de curvatura da vertente (convergente ou divergente)	
Plasticidade do solo	
Pluviosidade total anual	
Porosidade do solo	
Presença de organismos macroscópicos que habitam o solo	
Profundidade do solo	
Registro de queimadas ao redor da nascente	
Registro de queimadas na bacia de contribuição	
Sulfato total na água	
Sulfeto (H ₂ S não dissociado) na água	
Textura do solo	
Turbidez da água	
Umidade do solo	
Usos da água da nascente	
Usos da água da bacia de contribuição	
Uso e ocupação da terra na APP da nascente	
Uso e ocupação da terra na bacia de contribuição	
Vegetação nativa presente na APP da nascente	
Vegetação nativa presente na bacia de contribuição	

Sugestões para acréscimo de outros parâmetros (opcional):

Comentários gerais (opcional):

Universidade Federal de Juiz de Fora

Programa de Pós-Graduação em Geografia – PP GEO

Mestranda: Mirella Nazareth de Moura - mirellanm92@hotmail.com

Orientador: Prof. Dr. Miguel Fernandes Felipe - miguel.felippe@ufff.edu.br

Projeto: Avaliação da qualidade ambiental de nascentes: Proposta metodológica

Prezados(as) colaboradores(as),

Primeiramente gostaria de reiterar meus agradecimentos pela disponibilidade da participação na primeira rodada do Painel Delphi referente a minha dissertação de mestrado. Neste momento, encaminho para consulta a **segunda rodada**. Tendo em vista as médias das notas dos parâmetros atribuídas pelos painelistas e as redundâncias apontadas, dos 84 parâmetros apresentados na primeira rodada, foram mantidos 49. Além disso, foram incluídos alguns parâmetros sugeridos pelos colaboradores.

Deste modo, para esta segunda rodada, **os parâmetros remanescentes foram organizados em quatro categorias**: a) parâmetros que refletem as características estruturais da nascente, atrelados ao reconhecimento da mesma; b) parâmetros de pressão c) parâmetros de estado e d) parâmetros de resposta. Essa categorização coaduna com os preceitos do modelo PER¹².

¹² ARIZA, C. G.; ARAUJO NETO, M. D. Contribuições da geografia para avaliação de impactos ambientais em áreas urbanas, com o emprego da metodologia Pressão - Estado

Os parâmetros que caracterizam as nascentes estarão dispostos em um quadro à parte. Assumindo que o entendimento da estrutura do sistema nascente é imprescindível para interpretação da sua qualidade ambiental, todos esses parâmetros comporão um protocolo de caracterização prévia, que acompanhará a metodologia de avaliação da qualidade ambiental. Nesse sentido, eles são apresentados apenas para conhecimento dos painelistas, não sendo necessária a escolha dentre eles.

Os parâmetros de Pressão, Estado e Resposta (que se referem à qualidade ambiental das nascentes), estão apresentados em três quadros diferentes. Peço que, em cada quadro, **você selecione os cinco parâmetros que julgar mais importantes**. Haverá uma coluna ao lado dos parâmetros onde você colocará um “X” nos parâmetros escolhidos.

PARÂMETROS DE PRESSÃO	Sel.
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	
Degradação na APP da nascente	
Degradação na bacia de contribuição da nascente	
Assoreamento na nascente	
Erosão acelerada na bacia de contribuição	
Lixo na APP da nascente	
Lixo na bacia de contribuição	
Nível de dificuldade de acesso à nascente	
Registro de queimadas na APP nascente	
Registro de queimadas na bacia de contribuição	
Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) com ou sem outorga	
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	

PARÂMETROS DE ESTADO	Sel.
Arsênio total na água	
Chumbo total na água	
Cloreto total na água	
Coliformes termotolerantes na água	
DBO na água	
Eutrofização da água	
Fósforo total na água	
Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais na água	
Mercúrio na água	
Nitrogênio total na água	
OD na água	
Óleos e graxas na água	
PH da água	
Turbidez da água	
Percentual de área de vegetação nativa na APP da nascente	
Percentual de área de vegetação nativa na área da bacia de contribuição	

PARÂMETROS DE RESPOSTA	Sel.
Articulação entre população e entidades de regulação	
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	
Combate e – ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição	
Conhecimento acerca da existência da nascente	
Existência de algum cuidador da nascente	
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes	
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza a água das nascentes	
Garantia de informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados a mesma	
Cercamento da nascente para a sua proteção	
Localização (unidade de conservação, propriedade particular ou livre acesso)	

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DA NASCENTE
Capacidade de armazenamento de água do solo
Capacidade de infiltração de água do solo
Erodibilidade – fragilidade do solo
Profundidade do solo
Tipo de uso e ocupação da terra na APP da nascente
Tipo de uso e ocupação da terra na bacia de contribuição
Geologia da bacia de contribuição
Vazão da nascente
Declividade do canal de primeira ordem
Usos da água da nascente
Usos da água da bacia de contribuição
Morfologia da nascente
Tipo de exfiltração
Mobilidade da nascente
Posição dos afloramentos rochosos
Sazonalidade das nascentes
Compartimento da vertente em que se localiza