

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

JUNIO DA SILVA LUIZ

CARACTERIZAÇÃO DAS NASCENTES E ECOSSISTEMAS
DEPENDENTES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
Estudo de caso no Município de Analândia-SP.

SÃO CARLOS -SP

2019

JUNIO DA SILVA LUIZ

CARACTERIZAÇÃO DAS NASCENTES E ECOSSISTEMAS
DEPENDENTES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
Estudo de caso no Município de Analândia-SP.

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 Ambientais¹.

Orientadora: Profa. Dra. Marcilene Dantas Ferreira.

São Carlos-SP

2019

¹ Apoio: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Luiz, Junio da Silva

CARACTERIZAÇÃO DAS NASCENTES E ECOSISTEMAS
DEPENDENTES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS Estudo de caso no
Município de Analândia-SP. / Junio da Silva Luiz. -- 2019.
140 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus São
Carlos, São Carlos

Orientador: Dra. Marcilene Dantas Ferreira

Banca examinadora: Dr. Maurício M. dos Santos, Dra. Odete Rocha

Bibliografia

1. Nascentes. 2. Ecossistemas dependentes de Águas Subterrâneas -
Groundwater Dependent Ecosystems (GDEs). 3. Gestão de recursos hídricos.
I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Ronildo Santos Prado – CRB/8 7325



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Junio da Silva Luiz, realizada em 06/11/2019.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Marcilene Dantas Ferreira (UFSCar)

Profa. Dra. Odete Rocha (UFSCar)

Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos (UTFPR)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a orientadora (Dra Marcilene Dantas), que sempre me apoiou durante todo o desenvolvimento do trabalho, ao amigo Msc. Bruno Gambarotto pelo esforço e tempo disponibilizado para ajudar nas coletas, ao Doutorando Augusto Batisteli que ajudou na identificação em campo das aves, ao Dr. Fernando Mantelatto, pela disponibilidade de coletar o crustáceo in loco, a Dra. Regina Hirai pela ajuda na identificação da espécie *Cyathia delgadoi*, ao Dr. Gustavo Heidem pela identificação da espécie *Baccharis myriocephala*, aos proprietários que abriram suas portas, e aos componentes das bancas de qualificação e defesa que participaram e contribuíram na construção deste trabalho (Frederico Yuri Hanai, Maurício M. dos Santos e Odete Rocha). Estendo meus agradecimentos à minha família, pelo apoio emocional e financeiro quando foi necessário, a Marli Miotta pelas contribuições diversas durante todo o processo, a Dra. Sonia Buck pela amizade e incentivo, ao Dr. Alexandre K. de Oliveira pela ajuda com os equipamentos e incentivo e um agradecimento especial à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, pois sem um financiamento este trabalho não se concretizaria.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001."

Ninguém poderá dizer que não tentei!

RESUMO

A análise de nascentes por modelos aos aspectos geomorfológicos e por estudos de Ecossistemas Dependentes de Águas Subterrâneas (Groundwater Dependent Ecosystems – GDEs) são boas ferramentas para fazer a gestão dos recursos hídricos. Porém existe uma lacuna de informações, tanto sobre as classificações das nascentes quanto sobre os GDEs. O objetivo deste trabalho é fornecer subsídios para aumentar a compreensão acerca dos temas. Para isso, feito um estudo de campo na cidade de Analândia-SP, e a partir de 28 nascentes foram abordados diversos aspectos referentes a classificação das nascentes e os GDEs, utilizando os modelos já disponíveis na literatura e procurando entender a relação com as nascentes encontrada em campo. Foram encontradas nascentes que se encaixam em 06 modelos geomorfológicos de nascentes e uma gama de informações relacionados aos GDEs. Foi possível, a partir dos resultados vislumbrar que os modelos adotados e as e a compressão dos GDEs podem ser duas ferramentas úteis para tomadas de decisão.

Palavras chave: Nascentes; Ecossistemas dependentes de águas subterrâneas; GDE; Recursos hídricos e Gestão.

ABSTRACT

The analysis of springs by models to geomorphological aspects and by studies of Groundwater Dependent Ecosystems (GDEs) are good tools to manage water resources. However, there is a lack of information, both on the classification of springs and on the GDEs. The objective of this work is to provide subsidies to increase the understanding about the themes. For this, a field study was carried out in the city of Analândia-SP, and from 28 springs several aspects were addressed regarding the classification of springs and the GDEs, using the models already available in the literature and trying to understand the relationship with the springs found in the field. Springs were found that fit 06 geomorphological models of springs and a range of information related to GDEs. It was possible, from the results, to see that the models adopted and the GDEs compression can be two useful tools for decision making.

Keywords: Springs; Groundwater-dependent ecosystems; GDE; Water resources and management.

Lista de Figuras

Figura 1 – Alteração da nascente.....	17
Figura 2- Vista do esquema de classificação de nascentes proposto pelo estado de Minnesota	24
Figura 3 – Tipos mais comuns de nascentes originárias de lençol não confinado	25
Figura 4 – Diagrama ilustrando o posicionamento das nascentes em uma	25
Figura 5 - Rede de fluxo de água subterrânea em uma seção transversal vertical bidimensional através de um sistema isotrópico homogêneo limitado no fundo por contorno impermeável.....	26
Figura 6 - Sistemas locais, intermediários e regionais de fluxo de água subterrânea	26
Figura 7 – Nascentes visitadas nas bacias Sta. Terezinha e Cavalheiro.....	31
Figura 8 – Fluxograma de desenvolvimento desta pesquisa	33
Figura 9 – Mapeamento dos materiais inconsolidados nos locais das nascentes.....	34
Figura 10 – Mapeamento do substrato rochoso nos locais das nascentes.....	36
Figura 9 – Informações utilizadas para escolha de nascentes prioritárias à reabilitação.....	38
Figura 10 - Caracterização geológica e geomorfológica quanto a sua forma	41
Figura 11 – Distâncias entre as localizações atuais das nascentes e o indicado.....	59
Figura 12 – Nascentes prioritárias a reabilitação nas bacias hidrográficas Sta. Terezinha e Cavalheiro no município de Analândia-SP, Brasil.....	64
Figura 13 – Classificação de Zonas Úmidas interiores e naturais.....	82
Figura 14- Modelo conceitual de formações ribeirinhas com influência fluvial, vista superior com detalhes das curvas de níveis.....	82
Figura 15 – Impactos potenciais aos GDEs pelo uso de águas subterrâneas.....	85
Figura 16 – Diferentes perfis morfológicos de terreno comparado com as linhas de afloramento do lençol freático durante o período de chuvas e de estiagem.....	87
Figura 17 - Padrão típico de zonação de uma área úmida permanente	88
Figura 18 – Nascentes visitadas nas bacias Sta. Terezinha e Cavalheiro.....	90
Figura 19- Análise espacial da ocorrência dos tipos de descargas pelo método IDW	95
Figura 20 – Nascente P13.N1 e suas características.....	97
Figura 21 – Nascente P9.N4 e suas características.....	100
Figura 22 – Amostras de solo da nascente P9.N4.....	101
Figura 23 – Nascente P9.N1 e suas características.....	103

Figura 24- Análise espacial da ocorrência da espécie <i>Baccharis myriocephala</i> pelo método IDW	105
Figura 25- Análise espacial da ocorrência da espécie <i>E. edulis</i> pelo método IDW	108
Figura 26 – Localização de indivíduos <i>E. edulis</i> no talude da nascente P1.N1	108
Figura 27 – <i>Euterpe edulis</i> presente nas nascentes.....	109
Figura 28 – Nascente P1.N1 e amostras de solo.....	110
Figura 29 – Nascentes P15.N1 e N2.....	111
Figura 30 – Nascente P1.N7 com grande quantidade de espécies <i>Euterpe edulis</i> adultos.....	113
Figura 31 – Indivíduos da espécie <i>Euterpe edulis</i> em um canal intermitente.	114
Figura 32 – Fruto seco da espécie <i>Taluma ovata</i>	114
Figura 33- Análise espacial da ocorrência da espécie <i>H. coronarium</i> pelo método IDW	116
Figura 34 – Relação da altitude em nascentes com a ocorrência de indivíduos da espécie <i>Cyathea delgadoi</i>	118
Figura 35 – Ocorrência da de indivíduos da espécie <i>Cyathea delgadoi</i> na nascente P1.N11.	119
Figura 36 – Análise espacial da ocorrência de indivíduos da espécie <i>Cyathea delgadoi</i> pelo método IDW.	120
Figura 36- Análise espacial da ocorrência de briófitas pelo método IDW.....	121
Figura 37 – Ave limícola na nascente P15.N3	123
Figura 38 – Espécies arbóreas adaptadas para regiões encharcadas.	127

Lista de Tabelas

Tabela 1– Classificação geológica e geomorfológica de nascentes, de acordo com Bryan (1919), Davis e DeWiest (1966), Linsley e Franzini (1978) e UNESCO-WMO (2012).	20
Tabela 2 – Dados climatológicos de Analândia	29
Tabela 3 – Caracterização geológica e geomorfológica das nascentes visitadas de acordo com Bryan (1919), Davis e DeWiest (1966), Linsley e Franzini (1978) e UNESCO-WMO (2012).	39
Tabela 4 - Resumo da Caracterização geológica e geomorfológica das nascentes visitadas de acordo com Bryan (1919), Davis e DeWiest (1966), Linsley e Franzini (1978) e UNESCO-WMO (2012).	40
Tabela 5 - Classificação funcional de espécies de plantas com base em preferências de regime de água	86
Tabela 6 – Parâmetros físico-químicos e vazão da nascente P13.N1	98
Tabela 7 – Parâmetros físico-químico e vazão da nascente P09.N4	101
Tabela 8 – Parâmetros físico-químicos da nascente P09.N1	106
Tabela 9 – Relação da preservação do entorno da nascente e a Ocorrência da espécie	107
Tabela 10 – Parâmetros físico-químicos e vazão das nascentes P1.N1 e P15.N1 e N2.	111
Tabela 11 – Relação da preservação do entorno da nascente e a Ocorrência da espécie	115
Tabela 12 – Parâmetros físico-químicos das nascentes P15.N3; P01.N5,N7; P09.N6; P14N5	116
Tabela 13 – Ocorrência de indivíduos da espécie <i>Cyathea delgadoi</i> por tipo de descarga e com relação a preservação	117
Tabela 14 – Ocorrência de Briófitas por aspecto de preservação	122
Tabela 15 – Número de espécies de aves em 04	123
Tabela 16 - Espécies de avifauna amostrada na Nascente P15.N1 e N2 (32 espécies).	133
Tabela 17 - Espécies de avifauna amostrada na Nascente P15.N3 (25 espécies*).	133
Tabela 18 - Espécies de avifauna amostrada na Nascente P15.N5 (15 espécies).	134
Tabela 19 - Espécies de avifauna amostrada na Nascente P01.N11 (18 espécies).	134
Tabela 19- Espécies encontradas em nascentes do tipo Reocreno em MG/Brasil	135
Tabela 20 – Espécies encontradas por Lundblad (1941 apud Kleerekoper,1944)	135

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. CAPÍTULO 1 - Caracterização de nascentes a partir de modelos geológicos e geomorfológicos e o uso dos dados como ferramenta para tomada de decisão	18
2.1 Introdução	19
2.2 Materiais e Métodos.....	29
2.2.1 Área de estudo	29
2.2.2 Metodologia	32
2.3 Resultados e Discussão	39
2.3.1 Caracterização geomorfológica e geológica das nascentes quanto à sua forma.	39
2.3.2 Caracterização do subsolo onde as nascentes se encontram e classificação quanto ao armazenamento.....	56
2.3.3 Região das águas subterrâneas aflorante nas nascentes	59
2.3.4 Classificação geomorfológica de nascentes quanto à descarga.	61
2.4 Conclusão.....	65
2.5 Referências Bibliográficas	66
2.6 Apêndice A	69
2.7 Apêndice B	76
3. CAPÍTULO 2 - Ecossistemas dependentes das águas subterrâneas- GDEs	77
3.1 Introdução	78
3.1.1 Requerimentos Ambientais Hídricos (RAHs), ou Environmental Water Requirements (EWR), em GDEs.	85
3.2 Materiais e Métodos.....	89
3.2.1 Área de estudo	89
3.2.2 Metodologia.....	91
3.3 Resultados e Discussão	93
3.3.1 Nascentes P13.N1 e caranguejos (<i>Trichodactylus</i>)	96
3.3.2 Nascentes P9.N1 e N4, P1.N10 e N11, <i>Typha dominguensis</i> , <i>Lycopodiella</i> sp., <i>Baccharis myrioccephala</i> , e <i>Equisetum giganteum</i>	99
3.3.3 Nascentes P1.N1, N7, N8; P13.N1;P14.N1, e P15.N1,N2,N3, N4, N5, e as espécies <i>Euterpe edulis</i> e <i>Taluma ovata</i>	107
3.3.4 As nascentes P1.N4, N5, N7; P9.N6; P14.N5; e P15.N1, N2, N3, N4 e a espécie <i>Hedychium coronarium</i>	115

3.3.5	As nascentes P1.N9, N10, N11; P14.N4,N5; e P15.N4 e os indivíduos da espécie <i>Cyathea delgadoi</i>	117
3.3.6	As nascentes e as Briófitas	120
3.3.7	Espécies dependentes das águas subterrâneas a partir das nascentes estudadas. 122	
3.3.8	Distinguindo entre uma nascente perene e uma nascente intermitente a partir das espécies dependentes.....	123
3.3.9	Considerando as espécies dependentes encontradas para avaliar o bom histórico de conservação de uma determinada nascente.	124
3.3.10	Considerando as espécies dependentes para identificar as nascentes que correm maiores riscos de degradação.	125
3.3.11	Espécies paludosas não identificadas	126
3.4	Conclusões	128
3.5	Referências Bibliográficas	130
3.6	Apêndice C	133
4.	Anexos.....	135

1. INTRODUÇÃO GERAL

As únicas definições do conceito de nascente que temos em lei vem do Código Florestal, Lei nº 12651/12, na qual uma nascente é considerada como um “*afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso hídrico*” e da resolução CONAMA nº 303/02 “*local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea*”, com muita semelhança entre elas.

Apesar das afirmações não serem enganosas, elas constituem uma simplificação do que realmente representa uma nascente. Essa redução causa uma deformação nos processos que tem as nascentes como foco, por exemplo: restauração de uma nascente ou a gestão dos recursos hídricos.

A priori é preciso estabelecer que uma nascente é um sistema complexo. Depende das áreas de recargas, das estruturas geomorfológicas, da estratigrafia do terreno, da região das águas (que podem ser oriundas localmente, regionalmente ou de forma intermediária entre estas) podendo compor inúmeras bacias hidrográficas, variados tipos de solo, tipos de materiais residuais, etc.

Todas essas características resultarão em nascentes com formas, ecossistema, águas e volumes distintos.

Neste trabalho, o primeiro passo dado para compreender uma nascente na totalidade foi compreender suas estruturas geomorfológicas, caracterizando-as. Posteriormente diversas informações foram levantadas, com o intuito de se entender cada nascente, sempre pelo viés sistêmico.

Encarar uma nascente como um sistema complexo, nos obriga a diversificar nossas ações de gestão de recursos hídricos, repensar ações de reabilitação das nascentes, e a planejar a ocupação do solo pela ótica dos recursos hídricos.

A gestão dos recursos hídricos, deverá pensar caso a caso cada nascente, monitorando-as, compreendendo-as, e avaliando-as quanto aos riscos de secamento. A reabilitação das nascentes nos obrigará a pensar na restauração da região de recarga e afloramento, priorizando as nascentes que possuem águas locais, com estruturas de maior fragilidade ao secamento; instaladas em regiões com solos que propiciam pouco armazenamento. O planejamento do uso e ocupação do solo deverão ser feitos após a compreensão das estruturas que formam as

nascentes, em conjunto com a gestão dos recursos hídricos e baseados nos estudos de cada nascente em seu sistema.

Assim, entender e caracterizar as nascentes nos facilitam a tomada de decisão, sendo ela atrelada ao planejamento, a gestão dos recursos hídricos ou a reabilitação das nascentes.

Esse estudo tem como objetivo preencher parte das lacunas necessárias para aumentar a compressão de uma nascente como um sistema.

Essas lacunas e questionamentos surgiram de alguns exemplos reais; para ilustrar esse fato descrevê-los-ei abaixo.

A notícia publicada no site da Agencia Nacional das Águas (ANA) é clara, divulgando que uma missão da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), em parceria com a ANA e a Embrapa, representarão o Brasil no 6º Fórum Mundial da Água propondo um debate sobre as Áreas de Preservação Permanente (APPs), considerando-se que essas áreas tem um papel significativo na proteção das margens dos rios, nascentes e recarga dos aquíferos. Este trecho da notícia está transcrito abaixo:

“A Missão da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA, liderada pela presidente da entidade, senadora Kátia Abreu, está em Marselha, na França, onde participa do 6º Fórum Mundial da Água, que começou hoje, 12 de março. Em parceria com a Embrapa e a Agência Nacional de Águas - ANA, a CNA vai lançar a proposta de Área de Proteção Permanente (APP) para o mundo. A ideia é propor um debate sobre a proteção das nascentes, de margens de rios e das áreas de recarga dos aquíferos que, no Brasil, se chamam Áreas de Preservação Permanente (APPs) (ANA, 2019).

A partir da leitura deste texto surgem algumas indagações:

- As áreas de recarga são protegidas pelas áreas de proteção permanente?
- As áreas de proteção permanente estão localizadas nas áreas de recarga ou nas áreas de entorno da nascente?
- O que significa proteger uma nascente?

Pelo código florestal, Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, as Áreas de Preservação Permanente, devem estar presentes em: cursos hídricos; reservatórios; nascentes; encostas; restingas; manguezais; bordas de tabuleiros ou chapadas; topo de morros; áreas com altitude superior a 1800 metros e veredas.

O pouco conhecimento geral disseminado sobre nascentes, no Brasil, é refletido na legislação do Código Florestal, que de forma unilateral é a única legislação que protege as nascentes. Porém proteger somente pelo viés florestal não é efetivo.

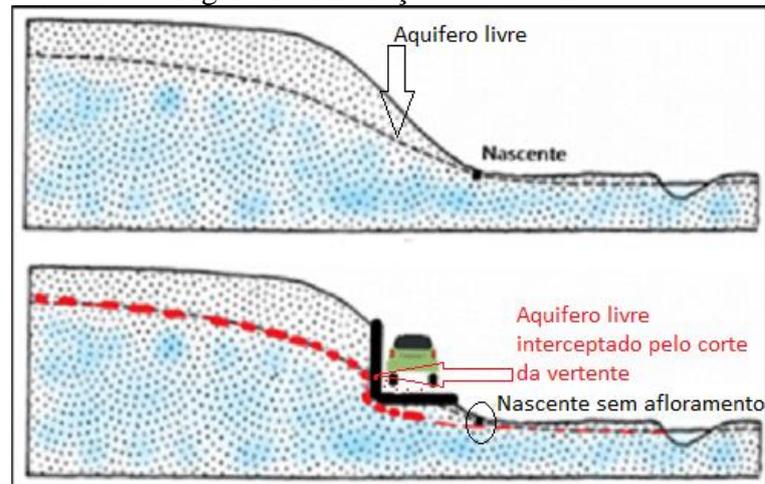
Para facilitar a discussão, são propostas três situações:

- Uma nascente, preservada pelas florestas num raio de 50 metros como estabelece o Código florestal. Porém, toda zona de contribuição da nascente, vai sendo usada e ocupada de forma indiscriminada. Dependendo do tipo da nascente, então vamos ter o deslocamento da surgência a jusante. O proprietário das terras onde está a nascente, vendo que ela mudou sua posição 100 metros a jusante, resolve deslocar a área de proteção da nascente e ocupar onde era a antiga nascente. Inicia-se um ciclo vicioso de aumentar ocupação, diminuir o extravasamento e ocupar novas áreas agora seca.
- Com boa vontade resolvem restaurar uma antiga nascente que ocorria em uma praça plantando no entorno da nascente uma mata ciliar, com o intuito de fazer as águas regressarem, porém a área de recarga está toda ocupada. Assim a água não regressa, justamente porque não há mais áreas de infiltração.
- Investe-se grande soma de recursos financeiros para a restauração florestal de uma nascente, porém o uso da água do subsolo acontece de forma indiscriminada na região que abastece a nascente. Sendo assim, a nascente irá definhir, bem como as espécies dependentes de suas águas. Neste caso a melhor solução para proteção das nascentes é planejar o uso das águas subterrâneas.

Nos três casos a cobertura florestal não irá resolver. Preservar as nascentes é sobretudo preservar as águas e áreas de infiltração.

Um corte em uma vertente, com o intuito de construir uma estrada, não é considerado algo tão invasivo para as nascentes. Porém, pode ocasionar efeitos drásticos, já que o corte funcionará como um extravasamento das águas subterrâneas, e as águas que chegariam na nascente, passarão a correr pelo barranco (talude) e seguir pela estrutura de drenagem (Figura 1).

Figura 1 – Alteração da nascente.



Fonte: Bryan, modificada, 1919.

Conhecer de que forma cada nascente se abastece é imprescindível, seja ela local, intermediária ou regional é de extrema importância para prever os impactos decorrentes das atividades antrópicas.

Preservar uma nascente, requer um profundo conhecimento de suas estruturas além de monitorar e planejar os usos das águas subterrâneas.

É buscando compreender a complexidade de uma nascente e de suas estruturas que surgiram dois capítulos, descritos abaixo. O primeiro deles tem a finalidade de entender a estrutura de uma nascente, caracterizando-a sob diversos aspectos abióticos. O segundo capítulo tem como objetivo compreender as nascentes como ecossistemas dependentes das águas subterrâneas e também dar subsídios para caracterizar melhor uma nascente através de aspectos bióticos associados a suas estruturas de descarga.

2. CAPÍTULO 1 - Caracterização de nascentes a partir de modelos geológicos e geomorfológicos e o uso dos dados como ferramenta para tomada de decisão

2.1 Introdução

Toda discussão em torno das matas ciliares é transposta genericamente para as nascentes sem nenhuma distinção. É importante estabelecer uma melhor compreensão acerca do que significa uma nascente, como se comporta fisicamente e quais são as proteções necessárias para sua preservação.

A partir de uma definição conceitual é possível entender como uma sociedade compreende o que é a estrutura física denominada nascente.

Felippe e Magalhães Jr. (2013) submeteram 15 definições de nascentes a 34 pesquisadores e professores que trabalham com nascentes ou temas similares. O conceito com maior escolha, foi o conceito definido pela legislação CONAMA 303/2002 (Nascente é o local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea), escolhido pela sua simplicidade e amplitude. Porém tal conceito, segundo os autores, não englobam a questão geomorfológica ou estrutura geológica inerente a uma nascente.

Se por vezes o conceito de nascente é tratado com divergência entre os pesquisadores ou entre o público em geral, a nascente, como o próprio nome sugere, é uma surgência misteriosa, que nasce. Isso está intimamente ligado a forma da ocorrência das águas abaixo do solo, segundo Meinzer (1942), o fato de existir água abaixo da superfície de um terreno, sendo relativamente inacessível, possui um aspecto misterioso.

Para compreender as nascentes, é necessário ir além do local de surgência, entendendo como se comporta o ciclo hidrológico local, as interações com as estruturas geomorfológicas, geológicas e o uso e a ocupação dos solos.

Kirk Bryan (1919), foi um dos primeiros pesquisadores a propor uma chave de classificação para as nascentes, baseando-se nas estruturas geológicas de formação. Entender as imposições geológicas nos esclarece questões importantes relacionadas a esta estrutura, como alterações de locais e pontos mais propícios à surgência, secamento das nascentes, ou até mesmo efeitos de degradação mais prováveis para cada tipo de nascente.

Entre os pesquisadores modernos da hidrologia, Oscar E. Meinzer se destacou como um dos mais relevantes pesquisadores, em seu trabalho intitulado: *The Occurrence of Ground Water in the United States* (1923), este autor levantou uma série de discussões acerca dos lençóis freáticos, e por consequência suas surgências.

Recentemente Linsley e Franzini (1978) Davis e DeWiest (1966) retrataram algumas nascentes em seus trabalhos que não foram levantadas na chave de classificação de Bryan (1919). Popularmente bem difuso são os conceitos proposto por UNESCO-WMO (2012), que propõem um Glossário Hidrológico internacional, levantando os termos relativos as nascentes e suas descrições.

A partir das referências descritas, foram identificadas 32 categorias de nascentes classificadas a partir da geomorfologia, como podem ser visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1– Classificação geológica e geomorfológica de nascentes, de acordo com Bryan (1919), Davis e DeWiest (1966), Linsley e Franzini (1978) e UNESCO-WMO (2012).

Quanto a profundidade	Classificação	Subclassificação	Descrição	Subclassificação	Subclassificação
Águas Profundas ^{1,4}	Nascente vulcânica ⁴ .		Associação com o vulcanismo ou rochas vulcânicas. Águas quentes ⁴ .		
	Nascente de fissura ⁴ .	Nascente de falhas ^{1,4}	Nascente alimentada por água subterrânea profunda que emerge de uma falha de grande dimensão recente. Com águas mornas ou quentes ^{1,4} .		
		Nascentes de fissuras	Nascentes alimentadas por fissuras profundas, com fluxos contínuos e águas termais ⁴ .		
Águas não Profundas ⁴	Nascente de contato ⁴ .	Contato simples ¹ .	¹ Nascente em que a água flui de uma formação permeável subjacente a uma formação relativamente impermeável.	Contato regular⁴.	Nascentes de contato do tipo gravitacional ⁴ .
					Nascentes de contato do tipo Mesa ⁴ .
					Nascentes de contato do tipo lentes ⁴ .
		Contato Inclinado ⁴ .	Nascente de contato simples com inclinação.	Contato regular inclinada⁴.	Nascentes de contato do tipo gravitacional ⁴ .
					Nascente de contato do tipo Cuesta ⁴ .
		Contato Irregular ⁴ .	A superfície de contato é irregular, e isso resultada diferentes nascentes ⁴ .	Contato Irregular⁴.	Nascentes de contato do tipo lentes ⁴ .
Nascentes contidas ⁴ .					
Encosta ou eluvial ³ .	Com o processo morfo genético das vertentes, e a estruturação de uma camada eluvionar, permeável e capaz de reter as águas, e estando acima de uma camada impermeável ou menos permeável. A camada eluvionar irá funcionar como um reservatório por onde o lençol freático irá fluir, e surgir a partir de um ponto onde a superfície freática interceptar a superfície do terreno ³ .		Nascentes de transbordamento ⁴ .		
			Dique de rochas ⁴ .		
					Dique de falha ⁴ .

Quanto a profundidade	Classificação	Subclassificação	Descrição	Subclassificação	Subclassificação
Águas não Profundas ⁴	Nascente de Depressão ^{1,2,4}		Nascente que emerge para uma superfície, devido apenas ao fato dessa depressão interceptar o nível do aquífero ^{1,2} .	Nascentes de depressão tipo onduladas ⁴ .	
				Nascentes de depressão tipo vale ⁴ .	
				Nascente de depressão tipo canal ⁴ .	
				Nascente de depressão tipo fronteira. (litológicas) ⁴ .	
	Nascente artesiana ^{1,4} .		Nascente cuja água provém de um aquífero artesiano, geralmente através de uma fissura ou outro tipo de abertura da formação impermeável que delimita o aquífero ^{1,4} .	Nascente artesiano tipo imersão ⁴ .	
				Nascente artesiano tipo sifão ⁴ .	
				Nascentes artesianas não encaixadas ⁴ .	
				Nascentes artesianas de fratura ⁴ .	
	Nascente de fissura ¹ .		Nascente que surge de uma fissura ¹ .		
	Nascentes de rochas impermeáveis ⁴ .	Nascentes tubulares ⁴ .	Devido a canais mais ou menos arredondados em rochas impermeáveis ⁴ .	Dissolução tubular ou nascentes de caverna ⁴ .	
				Nascentes tubulares de lava ⁴ .	
				Nascentes tubulares Menores ⁴ .	
		Nascente de fratura ^{1,3,4} .	Nascente que surge de fratura de rochas cisalhadas ^{1,3,4} .	Nascentes de fratura quadriculadas ⁴ .	
				Nascentes de fratura hachura ⁴ .	
Nascente de fratura inclinada ⁴ .					
Fratura de em rochas graníticas ^{2,3} .	Nascente que surge de fratura de exfoliações em rochas graníticas ^{2,3} .				
Nascentes vauclosiana ¹ .		Ressurgência em regiões cársticas que é controlada por um sifão natural e com funcionamento intermitente ¹ .			
Nascente anticlinal ² .		² O aquífero freático está acima de uma camada impermeável, e está soerguida (movimento anticlinal) e este soerguimento força o aquífero à surgência ² .			

Fonte: ¹UNESCO-WMO (2012). ²Davis e DeWiest (1966). ³Linsley e Franzini (1978) e ⁴Bryan (1919)

Quando pensamos em uma nascente, é quase certo que pensamos em um determinado ponto único jorrando água, mas a ocorrência de nascentes pontuais é muito mais difícil do que as nascentes difusas. Uma nascente só pode ocorrer pontualmente se a morfologia do terreno favorecer. No geral, quando visitamos uma determinada nascente, o que encontramos é uma linha aflorante em um determinado local, onde toda água que compõe a nascente é concentrada a jusante em um canal, ou em uma poça de água ou num brejo. Além da ideia de nascente

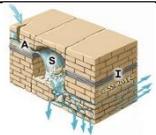
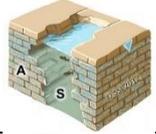
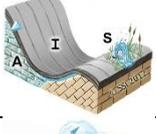
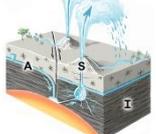
difusa, a UNESCO-WMO (2012), também propõe a classificação de nascentes em intermitente ou periódicas

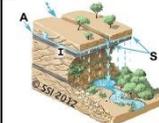
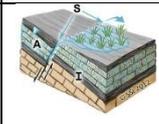
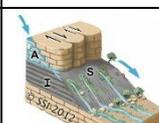
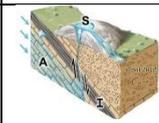
No Brasil, em 1944, Kleerekoper consagrou os três tipos de classificações propostos por Bornhauser (1913), conforme DNR-Minnesota(2017), e posteriormente foi revistas por Thienemann (1935) segundo Kleerekoper (1944), caracterizando o modo de descarga de água de nossas nascentes: Reocrenos (nascentes cuja água ao sair do solo forma imediatamente um riacho), Limnocrenos (nascentes que formam uma poça de água sem correnteza) e Helocrenos (nascentes cuja água se espalha numa superfície extensa do solo, formando um brejo sem superfície de água livre).

Springer e Stevens (2008), propõem uma classificação geomorfológica de nascentes quanto à descarga (Quadro 1), absorvendo as classes levantadas por Bornhauser (1913), abrangendo uma classificação com cerca de 12 tipos de nascentes, com variações na vegetação, estrutura de habitat, diversidade de fauna e flora, funções e estruturas ecossistêmicas.

Diferente da classificação geomorfológica, a classificação de descarga tem um olhar mais pontual focado no ponto de descarga da nascente, não deixando de atentar à geologia que propicia a força da descarga. A classificação de descarga se soma à classificação geomorfológica.

Quadro 1 – Classificação geomorfológica de nascentes quanto à descarga, segundo Spring e Stevens (2008)

Tipos de nascentes*	Configuração de descarga e hidrogeologia*	Tipo de Ecossistemas	Esquema**
Caverna	Surgência em uma caverna cárstica madura com condutos de alta vazão	Lótico	
Nascentes expostas	Caverna, fraturas de rochas ou buracos onde o aquífero não confinado é exposto próximo a superfície do solo	Lêntico	
Fonte	Nascente artesianiana do tipo fonte onde o CO ₂ pressuriza o aquífero confinado	Lótico	
Gêiser	Nascente de fluxo explosivo e quente, oriundo de aquífero confinado.	Lótico	

Tipos de nascentes*	Configuração de descarga e hidrogeologia*	Tipo de Ecossistemas	Esquema**
Jorrante	Fluxo de fonte discreta que jorra de uma parede de penhasco de um aquífero livre, não confinado.	Lótico	
Jardim Suspenso	O fluxo de gotejamento emerge geralmente horizontalmente ao longo de um contato geológico de uma parede de penhasco de um aquífero livre, não confinado.	Lótico	
Helocreno	Emerge de solos com baixa condutividade hidráulica; frequentemente fontes difusas ou múltiplas vazando de aquíferos rasos e não confinados	Lêntico	
Nascentes de encosta	Emerge de aquíferos confinados ou não confinados numa encosta (30 a 60° de declive); muitas vezes difuso e/ou múltiplos	Lótico	
Hypocreno	Uma nascente enterrada onde o fluxo não atinge a superfície, tipicamente devido a descarga muito baixa e alta evaporação ou transpiração	Lêntico	
Limnocreno	Emerge de aquíferos confinados ou não confinados, e formam um pequeno lago.	Lêntico	
Monte de carbonato	Emerge de um monte mineralizado, frequentemente em sistemas magmáticos ou de falha	Lêntico	
Reocrenos	A nascente emerge e já forma um fluxo, esta nascente pode ser múltipla.	Lótico	

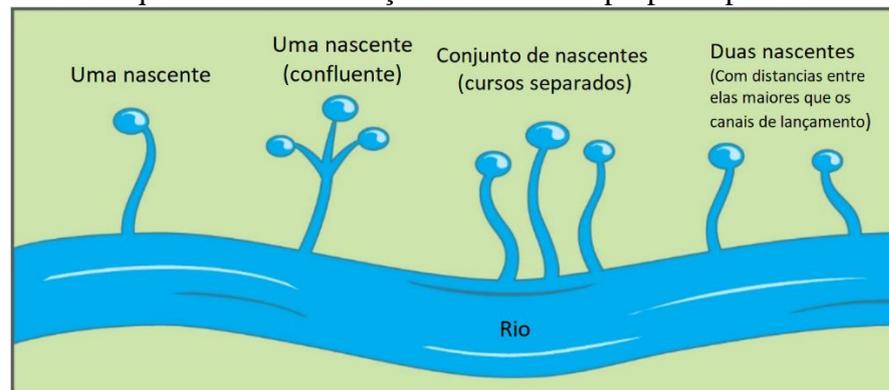
A = aquífero; I = superfície impermeável; S = nascente. As linhas de falha são mostradas apropriadamente.

O triângulo invertido representa o lençol freático ou a superfície piezométrica.

Fonte *Springer e Stevens,2008 ;**SSI,2012

O guia de inventário de nascentes do estado de Department Natural Resources-DNR Minnesota (2017) propõe classificar nascentes quanto à espacialização e proximidade. Assim classificam as nascentes próximas e confluentes como uma só nascente, mesmo que se registre a coordenada do local de cada uma delas como distinta (Figura 2).

Figura 2- Vista do esquema de classificação de nascentes proposto pelo estado de Minnesota



Fonte: Adaptado de DNR-Minnesota, 2017.

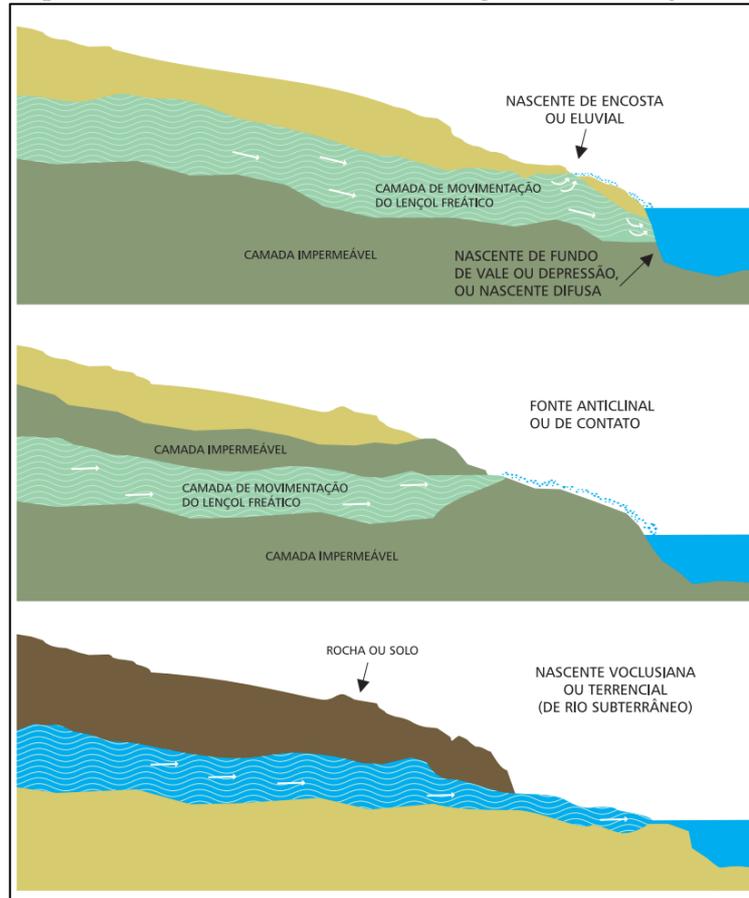
No Brasil, há poucos estudos sobre as nascentes. Entre os estudos mais difundidos está o Caderno de Mata Ciliar, da Secretaria de Meio Ambiente do estado de São Paulo (2009). Neste estudo, que tem como intuito capacitar o público quanto à preservação das nascentes, baseadas nas premissas hidrológicas, técnicas e legislativas, são apresentado três (03) tipos principais de nascentes (Figura 3), e um tipo de esquema global de uma nascente incorporada em um ciclo hidrológico (Figura 4), que podem induzir o leitor a uma simplificação quanto as classificações.

Essa simplificação posteriormente pode ser reproduzida em documentos importantes como o da Fundação Renova, em seu relatório de Recuperação de Nascentes na Bacia do Rio Doce (2017), e pode se traduzir em uma menor compreensão do todo, reduzindo as exigências para a reabilitação das nascentes.

Uma das formas de simplificação é tratar as nascentes como um dos resultados da recarga de sua bacia hidrográfica, porém é comum a surgência de uma nascente estar relacionada a áreas de recargas pertencentes a bacias hidrográficas contíguas e às vezes como resultado de uma expressão regional.

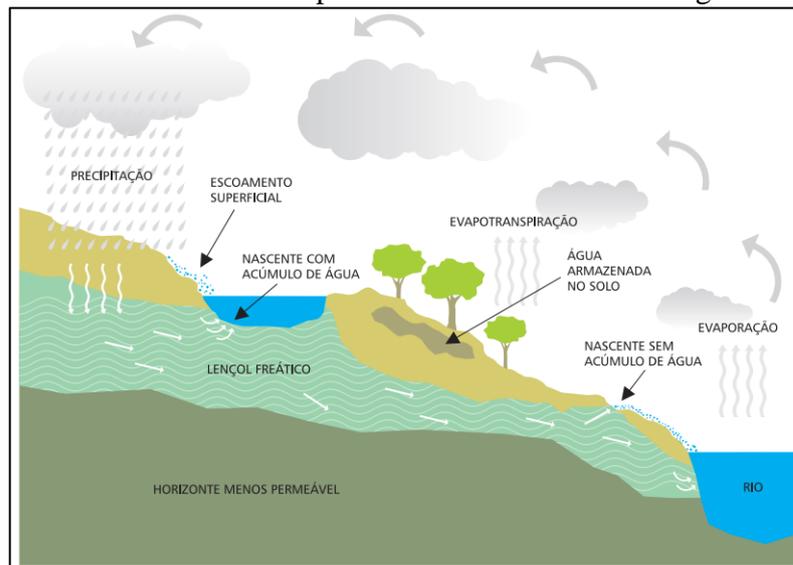
Portanto, reabilitar uma nascente exige compreender-se as origens das águas, para isso exige-se compreender as estruturas geomorfológicas internas, além da descarga, onde cada tipo funcionará como uma estrutura de hábitat diferente.

Figura 3 – Tipos mais comuns de nascentes originárias de lençol não confinado



Fonte: LINSLEY E FRANZINI (1978), adaptado por SMA-SP (2009).

Figura 4 – Diagrama ilustrando o posicionamento das nascentes em uma vertente e o seu acoplamento com o ciclo hidrológico.

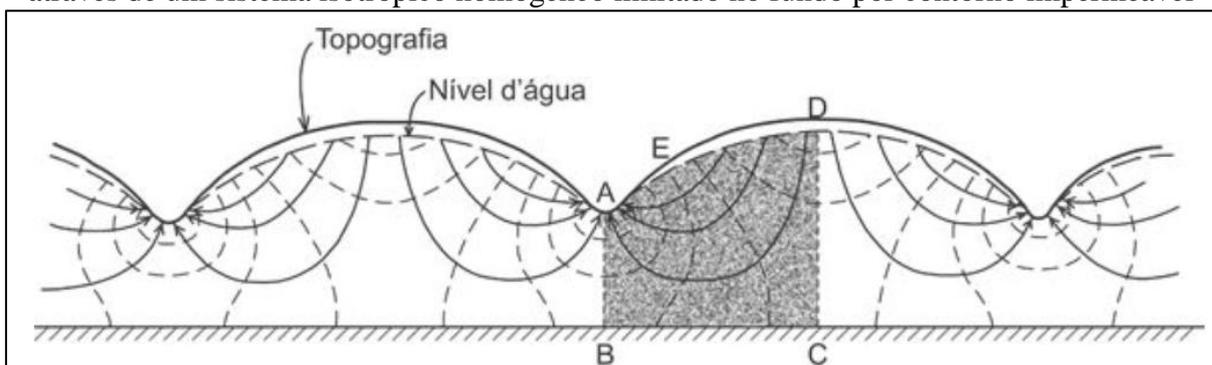


Fonte: SMA-SP (2009)

Freeze e Cherry (1979) apresentou um esquema dos fluxos de água subterrânea (Figura 5), e salientou que a topografia pode criar sistemas complexos de fluxo subterrâneos locais, intermediários e regionais, como esquematizado pela Figura 6, com ressalva para locais de relevo pronunciado, onde somente sistemas locais se desenvolvem, destacando uma lei imutável- sendo as terras altas as áreas de recargas e as baixas de descarga, sendo que as áreas de descargas constituem de 5 a 30% do total das áreas de uma bacia hidrográfica.

Em locais com relevos pronunciados, é mais provável que o fluxo esteja relacionado com o uso e ocupação da área de recarga, e as nascentes estarem mais sujeitas a mudança de local ou até mesmo ao secamento, requerendo então um cuidado maior com a ocupação e uso do solo.

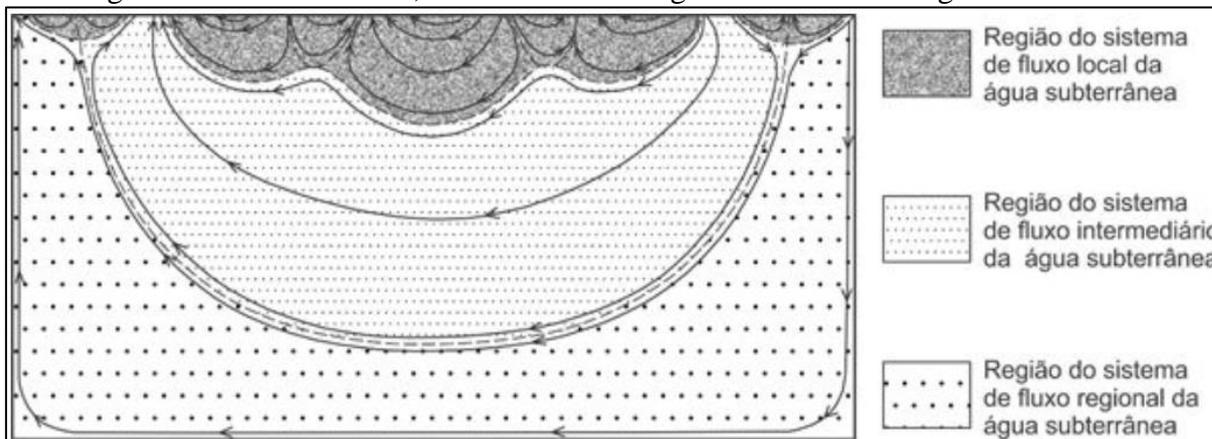
Figura 5 - Rede de fluxo de água subterrânea em uma seção transversal vertical bidimensional através de um sistema isotrópico homogêneo limitado no fundo por contorno impermeável



Região ED é a área de recarga e a região AE é a área de descarga. A linha que separa as áreas de recarga das áreas de descarga. AB e CD são divisores de água subterrânea.

Fonte: Freeze e Cherry (1979) traduzido por Oliveira.

Figura 6 - Sistemas locais, intermediários e regionais de fluxo de água subterrânea



Fonte: Freeze e Cherry (1979) traduzido por Oliveira.

As mudanças nas nascentes já foram relatadas brevemente por Meinzer (1942), como um processo natural (considerando o tempo geológico), ou por causas antrópicas, sendo que é natural o fluxo subterrâneo desenvolver nascentes cada vez mais baixas, devido ao processo natural de intemperismo.

Meinzer (1942) já naquela época também relatou que o desenvolvimento da agricultura e silvicultura, ocasionou diminuição do fluxo das nascentes, e que a constatação da mudança era muito difícil de provar, já que a maioria das nascentes não possuíam cadastro de sua localização nem medidas de fluxo, sendo assim as mudanças se confundiam com a flutuação natural. No Brasil vivemos uma realidade parecida, sem um cadastro oficial das nascentes, nem um monitoramento dos seus fluxos, é muito improvável que consigamos quantificar as mudanças futuras.

Dentre os efeitos que podem comprometer uma nascente, o secamento é o pior deles, uma nascente sem água perde sua função como nascente e toda uma cadeia ecossistêmica dependente da nascente é suprimida. No Quadro 2, é apresentado os principais efeitos e causas de degradação a uma nascente e ações mitigatórias.

A partir dos estudos e classificações de nascentes e de suas estruturas geológicas propostos por Brayan (1919), Davis e DeWiest (1966), Linsley e Franzini (1978) e UNESCO-WMO (2012), é possível correlacioná-las com os possíveis efeitos de degradação, e analisar caso a caso cada tipo de nascente, o que nos leva a perceber quais estão mais sujeitas a determinados tipos de efeitos (Apêndice A).

Quadro 2 – Efeitos e causas de degradação de uma nascente

Efeitos de degradação de uma nascente	Causas naturais	Causas antrópicas	Ações mitigatórias
Alteração da qualidade das águas	- Degradação com fezes de animais	- Contato com efluentes degradantes (Químicos, biológicos); - Degradação com resíduos; - Degradação com fezes de animais domésticos.	-Cercamento; -Fiscalizar e impedir o lançamento de efluentes e resíduos.
Erosão	- Evento extremo	- Perda de vegetação na bacia;	-Planejar o uso do solo e manter vegetação.
		- Práticas agrícolas não sustentáveis.	-Diminuir o escoamento superficial; -Praticar o plantio direto; -Implementar curvas de níveis.
		- Exposição do solo à montante	Aumentar áreas com florestas.
		- Lançamento e efluentes da drenagem urbana ou estradas sem dissipador de energia.	-Implementar a construção de dissipadores de energia; - Construir barraginhas
Compactação	-Em ambiente com cobertura vegetal não há compactação natural significativa.	- Pisoteamento de gados; - Mecanização agrícola; -Remoção de interceptação natural de chuva (vegetação e serapilheira).	Cercar as nascentes e suas APPs.

Assoreamento	-Processos naturais de erosão.	- Eliminação da vegetação natural de proteção	-Reflorestar à montante aumentando a permeabilidade e diminuindo a o escoamento superficial.
Mudança do ponto de afloramento	-Processos naturais de assoreamento e intemperismo; - Diminuição do fluxo.	- Uso d'água subterrânea; - Assoreamento; - Erosão; - Impermeabilização e/ou degradação das áreas de recarga;	-Boas práticas agrícolas; -Monitoramento da flutuação; -Reflorestamento a montante; -Aumentar a % de recarga.
Secamento.	- Nascente com pequena área de recarga e de fluxo local; - Baixa capacidade de armazenamento associado a aquíferos com alta transmissividade; - Nascentes com geometria não propícia.	-Impermeabilização e/ou degradação das áreas de recarga; -Retirada excessiva de águas subterrâneas.	-Aumentar a permeabilidade em sua área de recarga; -Fazer gestão do uso da água subterrânea.

Fonte: Autor.

Atualmente, muitas empresas e Agências de Bacias Hidrográficas têm empregado recursos para reabilitar as nascentes, porém sem antes conhecer os principais aspectos limitantes para reabilitação. Assim, a restauração de nascentes se transformou em reflorestamento de nascentes, sem preocupação de onde vem as águas, de como a estrutura geomorfológica atua nas águas, de como a estrutura geomorfológica de descarga atua na configuração dos habitats, e até mesmo as nascentes mais prioritárias.

Esse estudo pretende ser uma ferramenta para auxiliar a compreensão das nascentes como um sistema, aplicando os conceitos apreendidos a uma determinada região em um estudo de caso (Analândia-SP). Espera-se que a metodologia possa ser replicada com todas funcionalidades previstas, e que sirva como uma ferramenta de tomada de decisão e amplie a compreensão do tema.

2.2 Materiais e Métodos

2.2.1 Área de estudo

A área de estudo está situada no município de Analândia-SP. Uma região de transição sedimentar localizada no Centro Leste do estado de São Paulo. Com população atual estimada em 4995 pessoas (IBGE, 2019). O clima é do tipo Cwa de acordo com a classificação de Köppen e Geiger (1928). A temperatura média é 20.2 °C. A média anual de chuvas é 1304 mm.

O mês de menor precipitação é o mês de julho, sendo que as menores precipitações ocorrem de abril a setembro (Tabela 2).

Tabela 2 – Dados climatológicos de Analândia

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	22.7	22.6	22.2	20.5	18.2	16.5	16.6	18.1	19.6	21	21.9	22.3
Temperatura mínima (°C)	17.6	17.5	16.9	14.9	12.2	10.4	10.1	11.7	13.6	15.5	17	16.9
Temperatura máxima (°C)	27.9	27.8	27.6	26.2	24.2	22.7	23.1	24.5	25.6	26.5	26.8	27.7
Chuva (mm)	245	211	147	48	42	36	21	25	52	125	148	204

Fonte: Climate-data, 2019.

O território do município de Analândia insere-se de forma peculiar, tanto como parte de duas Unidades de Conservação (UC) como também de três Unidades de Gestão de Recursos Hídricos (UGRHIs).

Dando destaque às UCs, a primeira que merece atenção é a Área de Proteção Ambiental (APA) Corumbataí-Botucatu-Tejupá, sendo o município de Analândia parte da APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá perímetro Corumbataí (APA CBT-C), que tem como diretriz preservar as Cuestas bem como os elementos da flora e fauna.

Em 1991, cria-se a APA da Bacia do Rio Piracicaba e da Bacia do Rio Juqueri-Mirim (APA PJ), criadas pelo Decreto Estadual nº. 26.882, de 1987 e Lei Estadual nº. 7.438, de 16 de julho de 1991, sobreposta à APA CBT-C com a finalidade de constituir zonas de proteção aos mananciais de abastecimento e recursos hídricos.

A existência de uma APA que tem como única finalidade a proteção dos recursos hídricos é motivo mais do que suficiente para entender melhor como funcionam suas nascentes.

As nascentes estudadas estão inseridas dentro das bacias hidrográficas dos córregos Santa Terezinha e Cavalheiro dentro do perímetro das duas APAs (CBT-C e PJ).

As bacias em questão fazem parte da bacia hidrográfica do Corumbataí, que por sua vez pertencem à bacia do rio Piracicaba. Compondo o Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ). Configurada dentro de uma das regiões hidrográficas de maior déficit hídrico do estado de SP, as bacias do PCJ transposta parte de sua vazão para o sistema Cantareira.

Por meio da Agência de bacias do PCJ foi executado um projeto de Diagnóstico e Adequação Ambiental em determinadas propriedades dentro das Bacias Sta. Terezinha e Cavalheiro. Projeto denominado Nascentes de Analândia.

Houve uma mobilização por parte da Agência de Bacias do PCJ e do grupo de apoio da prefeitura de Analândia, assim muitas propriedades aceitaram participar do projeto, deste modo os proprietários ficaram abertos a novos estudos, o que facilitou a execução deste trabalho.

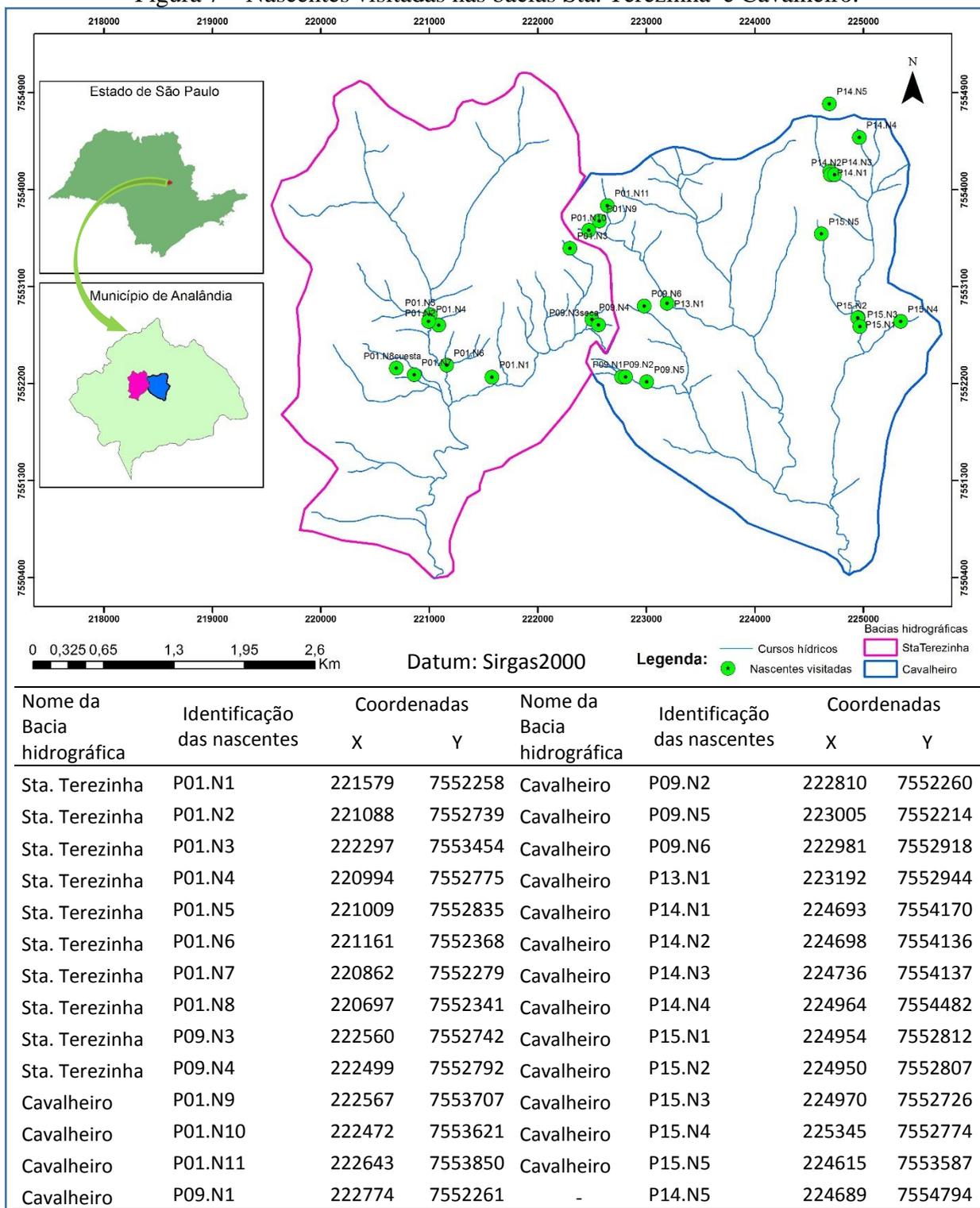
Foram escolhidas para este estudo as maiores propriedades, a fim de abarcar o maior número de nascentes autorizadas para o estudo.

Foram feitas duas campanhas de campo, na primeira (10 a 16/02/2019) foram coletadas informações de quatorze (15) nascentes, na segunda campanha (28/10 a 02/09/2019) foram monitoradas as quinze nascentes anteriores somada a mais treze (13) novas nascentes.

Ao todo foram estudadas 28 nascentes (Figura 7). As nascentes foram denominadas a partir da propriedade e da ordem de visita à nascente, ex: P15.N5, significa propriedade quinze e nascente cinco.

As informações específicas das propriedades não são disponibilizadas neste trabalho por questão de confidencialidade.

Figura 7 – Nascentes visitadas nas bacias Sta. Terezinha e Cavalheiro.



Fonte: Autor

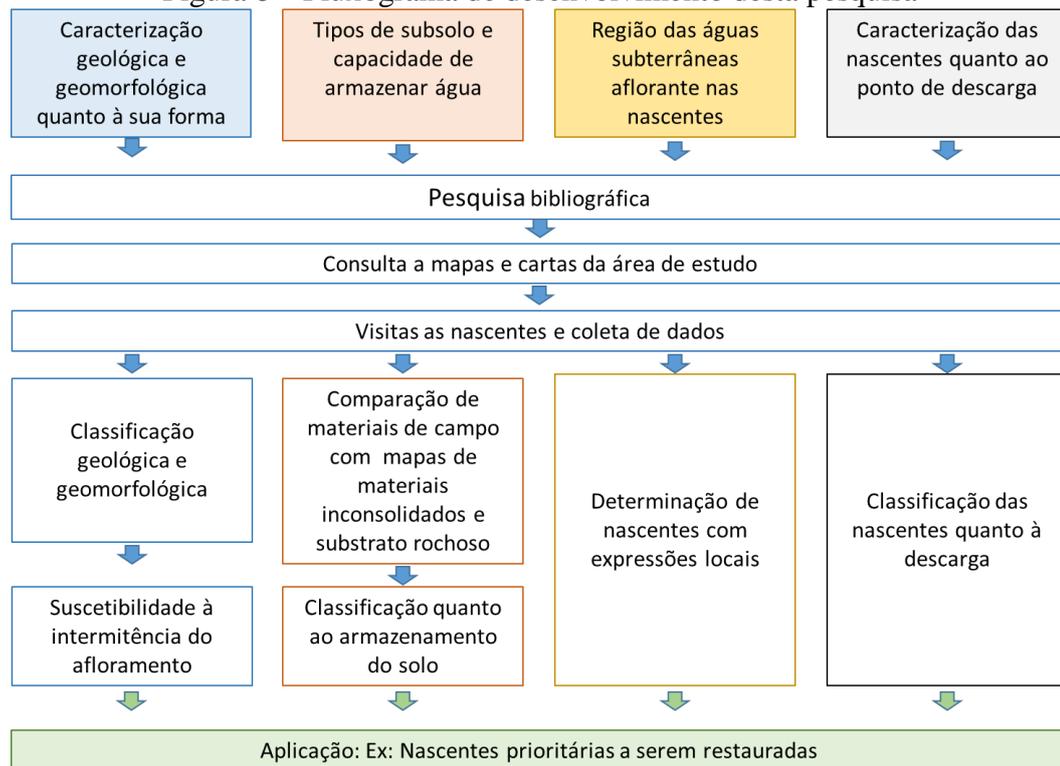
2.2.2 Metodologia

O foco central deste trabalho é utilizar os modelos teóricos de caracterização geológica e geomorfológica associados à capacidade de armazenamento das águas subterrâneas somado às regiões das águas e classificação quanto à descarga como uma ferramenta para tomada de decisão. Para isso o trabalho foi dividido em quatro (04) etapas básicas:

- Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma da nascente:
Utilizando modelos propostos pela literatura essa etapa tem como intuito compreender cada nascente e como as características geológicas e geomorfológicas atuam nas águas da nascente.
- Caracterização do subsolo e classificação quando ao Armazenamento:
Esta etapa tem como proposta ampliar a compreensão acerca do armazenamento das nascentes estudadas a partir da caracterização do subsolo.
- Classificação quanto a região das águas subterrâneas aflorantes nas nascentes;
Utilizando conceitos descritos na literatura e as informações disponíveis, essa etapa tem como objetivo compreender como as regiões das águas influenciam no volume de água das nascentes.
- Classificação geomorfológica de nascentes quanto à descarga:
A partir de classificações propostas na literatura, essa etapa tem como objetivo compreender como a estrutura geomorfológica de descarga das nascentes atuam para aumentar o entendimento particular de cada nascente.

Dentro das quatro etapas ocorreram subdivisões, como está retratado na Figura 8, e descrito abaixo.

Figura 8 – Fluxograma de desenvolvimento desta pesquisa



Fonte: Autor

Etapa 1 - Caracterização geológica e geomorfológica quanto a forma da nascente

A Caracterização Geológica e Geomorfológica das Nascentes ocorreu de duas etapas. Primeiramente, ocorreu por análise de dados bibliográficos coletados. Dentre os dados bibliográficos, foram analisados o mapeamento geológico de materiais inconsolidados, as cartas topográficas e a classificação dos tipos de nascentes propostos na literatura, classificação essa reproduzida na Tabela 1. Posteriormente foram feitas visita *in loco* em posse de uma ficha para cadastramento produzida com informações que ajudam a classificar as nascentes (Apêndice B).

A partir das informações coletadas *in loco* e o cruzamento com as informações bibliográficas, foi possível classificar o tipo de nascente.

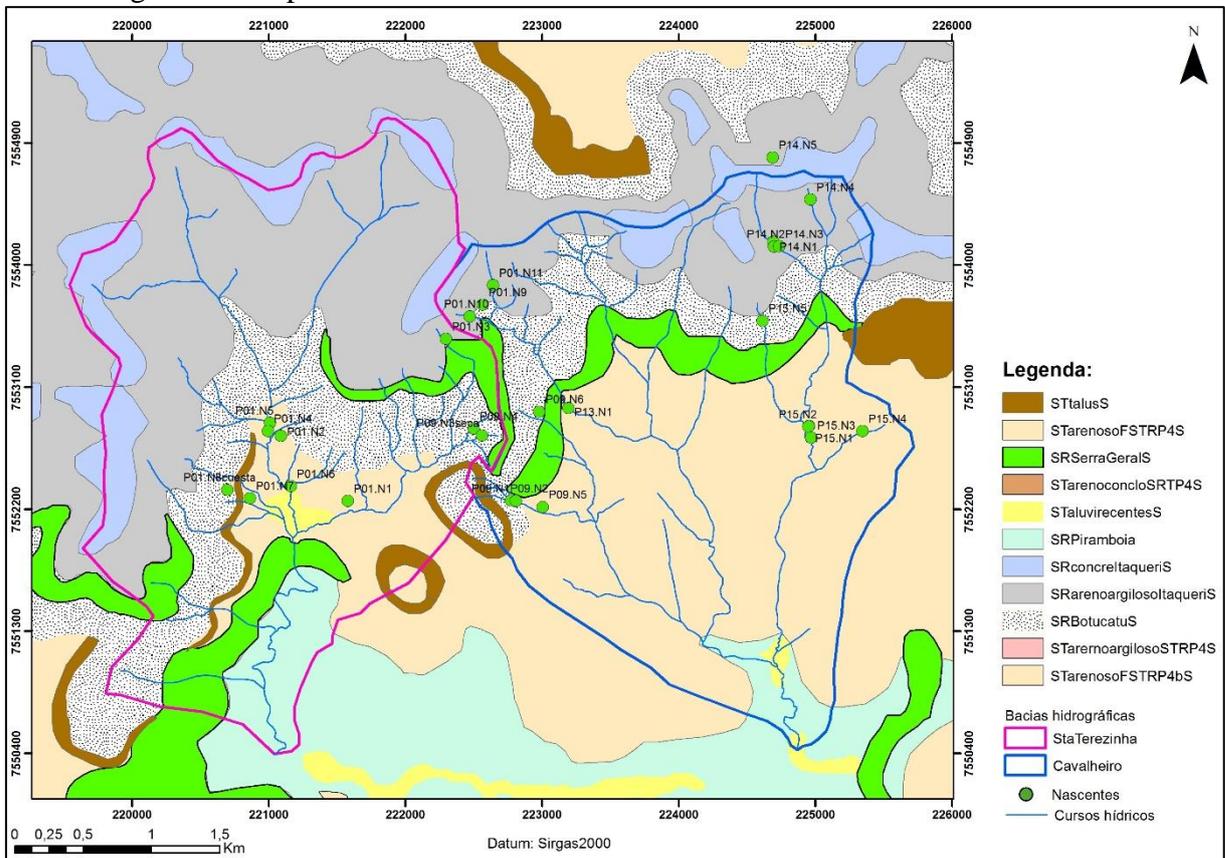
A carta topográfica de cada nascente foi analisada e auxiliou na classificação das nascentes. A carta utilizada foi elaborada pelo IGC em 1970, com uma resolução de 1:10.000. A partir dela buscou-se entender a estrutura geomorfológica do local de estudo, a classificação da posição da nascente no tipo da unidade de vertente em que ela se encontra, seguindo os

conceitos de classificação definidos por Dalrymple, Blong e Conacher (1968, apud Cristofolletti, 1980). A classificação de vertente adotada possui relação com a Caracterização Morfológica de Nascentes adotada, reforçando a escolha. Por exemplo, uma nascente do tipo Depressão com subclassificação de vale, terá como unidade de vertente Declive aluvial.

A partir do mapeamento geológico de materiais inconsolidados descrito por Abreu e Augusto Filho (2007) (Figura 9), somado às cartas topográficas (IGC, 1970), e a análise *in loco*, foi possível o cruzamento dessas informações, e a definição de qual é o modelo de nascente proposto pela literatura, dentre os trinta e dois (32) modelos levantados, que mais se adequa à nascente visitada.

A partir dessa classificação geológica e geomorfológica, foi possível caracterizar e inferir qual é a provável região da área de recarga de cada nascente, e sua propensão a sofrer impacto do uso e/ou ocupação do solo, acarretando sua mobilidade (montante e jusante); suscetibilidade do afloramento à intermitência, interrupção da surgência ou secamento, baseado na movimentação do nível das águas subterrâneas, derivado de modelos propostos (Apêndice A).

Figura 9 – Mapeamento dos materiais inconsolidados nos locais das nascentes.



Fonte: Abreu e Augusto Filho (2007), adaptado.

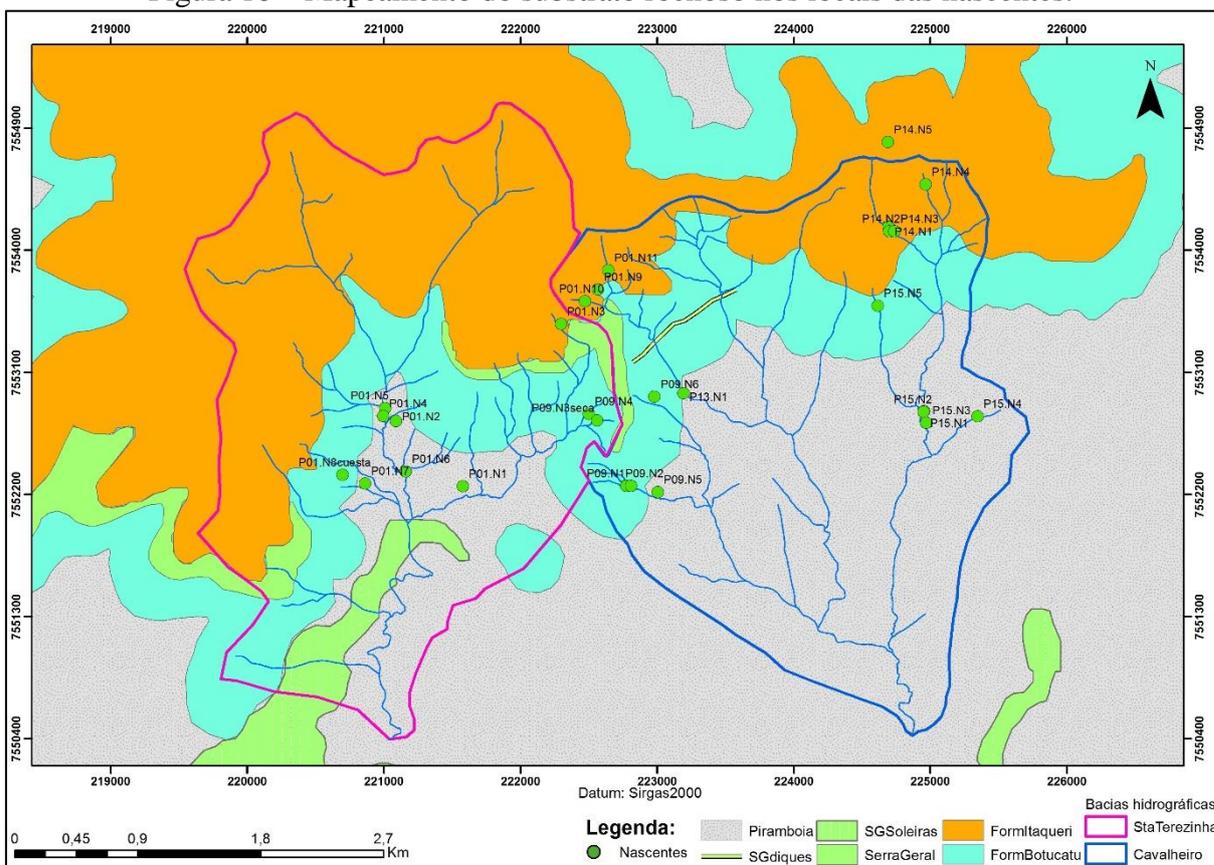
Etapa 2 - Caracterização do subsolo e classificação quanto ao Armazenamento

A Caracterização do Subsolo e Classificação quanto ao Armazenamento foi executada em duas etapas, inicialmente foi coletada as coordenadas geográficas das localizações das nascentes. Posteriormente, a partir da localização e do mapeamento geológico de materiais inconsolidados e substrato rochosos descrito por Abreu e Augusto Filho (2007) (Figura 10) foi possível inferir o tipo de subsolo que cada nascente está inserida. Cada nascente possui um tipo de subsolo e cada tipo de subsolo possui uma peculiaridade quanto ao armazenamento. Classificar quanto ao armazenamento foi possível após a definição do tipo de condutividade hidráulica que cada subsolo apresenta. A classificação da condutividade hidráulica de cada nascente foi estimada a partir da classificação de solos proposta por Healy *et al* (2007), e relacionado ao tipo de subsolo.

A partir da condutividade hidráulica (transmissividade) da região de cada nascente, é possível estimar a capacidade de determinada estrutura de nascente de armazenar água. Espera-se que estrutura de nascentes com materiais de alta condutividade hidráulica tenha baixa capacidade de armazenamento.

Também foi avaliada a localização da nascente atual e coletada *in loco*, com a localização das nascentes encontrada na carta topográfica do IGC (1970). Para isso comparou-se a carta topográfica com a localização atual da nascente, quando houve diferenças de localizações, foi medida e anotada a diferença. A partir desta informação esperava-se encontrar maiores diferenças de localização em solos com maiores condutividades hidráulicas. Essa informação também é traduzida na capacidade que uma determinada nascente tem de sofrer mudanças associadas a processos erosivos, pois solos com maiores condutividades são solos mais friáveis.

Figura 10 – Mapeamento do substrato rochoso nos locais das nascentes.



Fonte: Abreu e Augusto Filho (2007), adaptado.

Etapa 3 - Classificação quanto a região das águas subterrâneas aflorantes nas nascentes

A classificação quanto a Região das Águas Subterrâneas aflorantes nas nascentes foi baseada nas teorias de Freeze e Cherry (1979). Segundo os autores os relevos mais pronunciados possuem contribuições de águas locais.

Esse fato merece destaque, já que o município de Analândia está em uma região que além de ter relevos pronunciados, possui parte das Cuestas compondo seu território.

Nesta parte do trabalho houve uma preocupação em identificar as nascentes que ocorrem nas regiões de maiores altitudes, e nascentes próximas aos divisores de água, pois estas nascentes certamente serão nascentes de expressões locais, mais propensas a interromper suas surgências, ou, na pior das hipóteses, a ocorrência do secamento. Para esta análise foram consideradas as cartas topográficas (IGC, 1970).

Uma metodologia simples para verificar de onde vem as águas da recarga das nascentes locais e intermediárias é traçar nas cartas topográficas a distância da nascente em sua vertente até o interflúvio. Se a nascente ocorrer em um ponto de encontro entre três vertentes, a solução é escolher a vertente maior em comprimento e calcular a distância até seu topo. Sendo assim, é possível uma estimativa da região de recarga local mais influente, para as duas bacias estudadas. Essa estimativa respondeu bem quando comparada com os volumes vertidos.

A vazão de cada nascente foi medida com um béquer volumétrico quando possível; quando a nascente se apresentava difusa, foi estimada visualmente; esta vazão associada à localização da nascente nos fornece informação preciosa sobre a região das águas. É bem provável que as nascentes que mantem alta vazão em períodos de estiagem e que não ocorram em regiões muito altas, estejam associadas a uma recarga regional (de uma área ampla de recarga). Já nascentes com baixa vazão, associadas à localização podem nos fornecer informações de uma região de recarga local, com vazões que flutuam acompanhando a pluviosidade.

Etapa 4 - Classificação geomorfológica de nascentes quanto à descarga

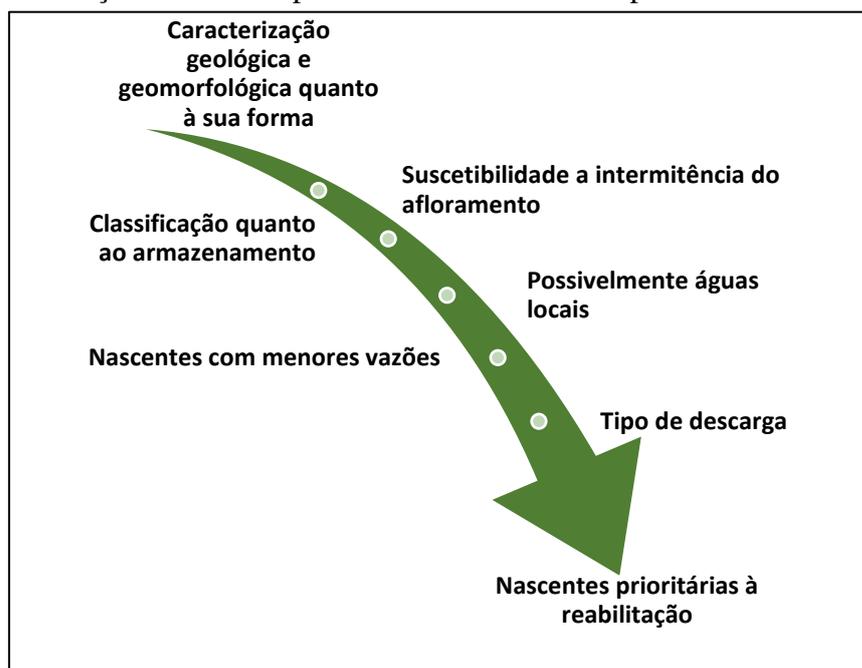
E finalmente o último item analisado é quanto a Classificação geomorfológica de nascentes quanto à descarga. A caracterização da Descarga, como o próprio nome sugeri, é a caracterização do local do ponto da descarga de cada nascente.

Essa classificação pode nos fornecer um histórico da nascente quanto a intermitência de suas águas, pois esta caracterização promove a associação de componentes bióticos associados à sua estrutura.

Após visitas e observações *in loco* das estruturas que compõem a nascente, foi feita a caracterização segundo a classificação proposta por Springer e Stevens (2008).

Todas as informações geradas foram utilizadas para tomada de decisão de quais nascentes entre o grupo possuem prioridades para a reabilitação (Figura 11).

Figura 11 – Informações utilizadas para escolha de nascentes prioritárias à reabilitação.



Fonte: Autor

Todos os dados consultados e resultados pretendidos estão expostos no Quadro 3 de forma mais simplificada.

Quadro 3 –Protocolo para a caracterização de nascentes e obtenção de dados.

Tipo de caracterização				
	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Tipos de subsolo	Região das águas subterrâneas da nascente.	Caracterização da nascente quanto a característica no ponto de descarga.
Dados coletados <i>in loco</i>	- <i>Morfologia da nascente e terreno.</i>	- <i>Tipos de rochas presentes, e aspectos do solo.</i>	- <i>Identificação do local de ocorrência nas nascentes;</i> - <i>Vazão da nascente;</i> - <i>Nascente com menores expressões no grupo.</i>	- <i>Análise da estrutura física presente no local da descarga;</i> - <i>Existência de processos erosivos;</i> - <i>Existência de áreas brejosas.</i>
Dados referenciais	- <i>Carta topográfica;</i> - <i>Mapa substrato rochoso;</i> - <i>Mapa materiais inconsolidados;</i> - <i>Unidade da vertente.</i>	- <i>Carta topográfica;</i> - <i>Mapa substrato rochoso;</i> - <i>Mapa materiais inconsolidados.</i>	- <i>Carta topográfica;</i> - <i>Altitude;</i> - <i>Unidade da vertente;</i> - <i>Distância das nascentes até o interflúvio.</i>	- <i>Carta topográfica;</i> - <i>Unidade da vertente;</i> - <i>Tipos de descargas existentes.</i>
Resultados esperados	- <i>A região área de recarga da nascente, e sua propensão a sofrer impacto;</i> - <i>Mobilidade da nascente;</i> - <i>Suscetibilidade ao secamento;</i> - <i>Interrupção da surgência;</i> - <i>Suscetibilidade a intermitência do afloramento.</i>	- <i>A condutividade.</i> - <i>Capacidade de armazenar.</i>	- <i>Nascentes com expressões locais.</i>	- <i>O histórico da nascente.</i>
<i>Nascentes com maior suscetibilidade ao secamento;</i> <i>Nascentes prioritárias a reabilitação;</i> <i>Nascentes prioritárias à gestão das águas.</i>				

Fonte: Autor

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Caracterização geomorfológica e geológica das nascentes quanto à sua forma.

A partir da caracterização geomorfológica e geológica das nascentes foram identificados seis (06) tipos de nascentes entre as vinte e oito (28) visitadas (Quadro 4), quanto à sua forma, sendo maioria nascentes de Depressão do tipo Ondulada (09) e de Contato do tipo Encosta ou eluvionar (09), (Tabela 3 e Tabela 4) :

Tabela 3 – Caracterização geológica e geomorfológica das nascentes visitadas de acordo com Bryan (1919), Davis e DeWiest (1966), Linsley e Franzini (1978) e UNESCO-WMO (2012).

Identificação das nascentes	Coordenadas		Caracterização geológica e geomorfológica
	X	Y	
P01.N1	221579	7552258	Depressão Ondulada
P01.N10	222472	7553621	Contato Encosta Eluvionar
P01.N11	222643	7553850	Contato Encosta Eluvionar
P01.N2	221088	7552739	Depressão Vale
P01.N3	222297	7553454	Contato Encosta Eluvionar
P01.N4	220994	7552775	Depressão Vale
P01.N5	221009	7552835	Depressão Vale
P01.N6	221161	7552368	Depressão Vale
P01.N7	220862	7552279	Depressão Ondulada
P01.N8	220697	7552341	Contato Encosta Eluvionar
P01.N9	222567	7553707	Contato Encosta Eluvionar
P09.N1	222774	7552261	Contato Encosta Eluvionar
P09.N2	222810	7552260	Depressão Ondulada
P09.N3	222560	7552742	Depressão Ondulada
P09.N4	222499	7552792	Depressão Ondulada
P09.N5	223005	7552214	Contato Encosta Eluvionar
P09.N6	222981	7552918	Contato Encosta Eluvionar
P13.N1	223192	7552944	Contato Cuesta
P14.N1	224693	7554170	Depressão Ondulada
P14.N2	224698	7554136	Depressão Ondulada
P14.N3	224736	7554137	Depressão Ondulada
P14.N4	224964	7554482	Depressão Ondulada
P14.N5	224689	7554794	Contato Encosta Eluvionar
P15.N1	224954	7552812	Depressão Canal
P15.N2	224950	7552807	Depressão Canal
P15.N3	224970	7552726	Depressão Canal
P15.N4	225345	7552774	Depressão Vale
P15.N5	224615	7553587	Contato Gravitacional com Cuesta

Fonte: Autor.

Tabela 4 - Resumo da Caracterização geológica e geomorfológica das nascentes visitadas de acordo com Bryan (1919), Davis e DeWiest (1966), Linsley e Franzini (1978) e UNESCO-WMO (2012).

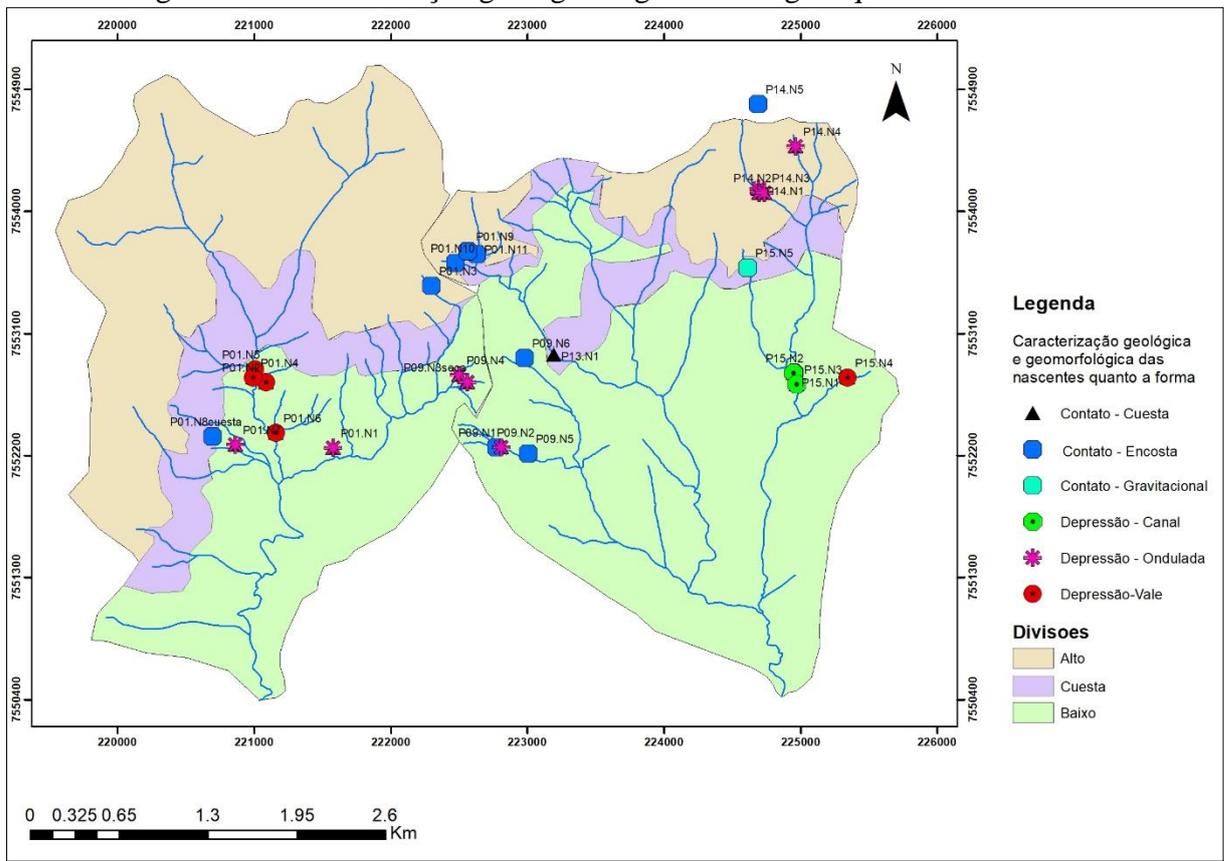
Caracterização geológica e geomorfológica quanto a sua forma	Total
Nascente de Contato do tipo Gravitacional com superfície impermeável sendo a Cuesta	1
Nascente de Contato do tipo Cuesta associado a uma nascente de fratura	1
Nascente de Contato do tipo Encosta ou eluvionar	9
Nascente de Depressão de subclassificação de vale	5
Nascente de Depressão de subclassificação ondulada	9
Nascente de Depressão de subclassificação tipo canal.	3
Total Geral	28

Fonte: Autor

Considerando as duas bacias hidrográficas, a formação de Cuesta está localizada no meio das duas bacias. Se considerarmos a parte da vertente suave como parte alta, as escarpas como o meio divisor de uma bacia, e a parte baixa como a parte que migra toda a água após as escarpas, teremos 03 classes nas duas bacia hidrográfica. Alta, Front da Cuesta e Baixa.

Quando classificadas as nascentes a partir da caracterização geológica e geomorfológica, é perceptível que na parte Alta da bacia, devido à morfologia, as nascentes que mais ocorrem são as do tipo Contato da subclassificação Encosta ou eluvionar. Na parte do front da Cuesta, que inclui as escarpas, o tipo que mais ocorre é do tipo Contato, com subclassificação Gravitacional, Cuesta e Encosta; na parte baixa, ocorrem as nascentes do tipo Depressão, sendo elas dos tipos Ondulada, Vale e Canal. Na região dos interflúvios entre as duas bacias hidrográficas, ocorrem tanto as nascentes de Contato quanto as nascentes tipo Depressão.

Figura 12 - Caracterização geológica e geomorfológica quanto a sua forma



Fonte: Autor.

Dentre as nascentes caracterizadas, também foi verificada a localização em suas vertentes. Entre as nascentes caracterizadas, as nascentes de depressão do tipo canal, estão intrinsicamente ligadas à unidade da vertente denominada Margem de Curso de Água. Analisando-se a categoria de suscetibilidade a intermitência do afloramento, podemos concluir, que das nascentes estudadas, as nascentes de depressão do tipo canal são as nascentes que apresentam menor suscetibilidade a intermitência de afloramento, justamente por estarem próximas as margens dos cursos hídricos, o que dentro de uma bacia representa a menor cota possível, e portanto recebem as águas de uma grande região, diferente das nascentes próximas aos divisores de água, que possuem expressão local.

Dentre as nascentes categorizadas que se encontram próximas aos divisores de água, temos os exemplos das nascentes P1.N3 e P14.N4, porém são nascentes de categorias diferentes, sendo a P1.N3, uma nascente de contato tipo eluvionar, com vertentes convexas sendo esculpidas pela velocidade do escoamento pluvial e limitada por camada impermeável de basalto. Já a nascente P14.N4 é uma nascente de depressão do tipo ondulada, que está mais propensa à intermitência, bastando para isto que o nível de água (NA) ocorra abaixo da

depressão. Tal fato foi observado a jusante da nascente, com o curso hídrico correndo pelo subsolo até chegar ao outro ponto de interceptação. A caracterização de todas as nascentes pode ser visualizada no Quadro 5, juntamente com as categorias de suscetibilidade à intermitência do afloramento relacionada às categorias das nascentes, essa intermitência do fluxo pode ser representada como uma pausa de algumas horas ou de anos e essa flutuação temporal pode depender da pluviosidade (respostas pontuais) ou uso e ocupação (respostas duradouras).

Outra consideração a ser feita quanto ao afloramento intermitente, é que se o afloramento intermitente tiver relação com o uso e ocupação do solo sem o adequado planejamento e impedindo a recarga devida, provavelmente, em épocas de alta pluviosidade, as águas se reverterá em escoamento (já que a área de recarga terá baixa infiltração), e isto acarretará processos erosivos para a nascente e o curso hídrico.

Quadro 4 – Vista das nascentes e suas respectivas categorização

Nascentes	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Descrição
 <p data-bbox="288 2033 405 2056">a- P1.N1</p>	<p data-bbox="1050 1480 1246 1608">Nascente de depressão de subclassificação ondulada</p>	<p data-bbox="1283 1346 1544 1749">Nascente baixa vazão difusa, aflorando em uma pequena depressão, com o ponto de maior vazão aflorando acima de um grande fragmento rochoso de arenito. Abaixo região brejosa aflorando para uma represa a jusante</p>

Nascentes	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Descrição
 <p data-bbox="288 931 408 958">b- P1.N2</p>	<p data-bbox="1050 600 1246 730">Nascente de depressão com subclassificação do tipo vale</p>	<p data-bbox="1284 398 1544 929">Nascente de alta vazão, pontual construída, localizada em uma região brejosa, próximo ao fim de uma vertente e curso hídrico. Solo com muita matéria orgânica. Região vadosa. Apesar de ser pontual há indicativos que toda a região era uma área úmida que aflorava de forma difusa.</p>
 <p data-bbox="288 1386 408 1413">c- P1.N3</p>	<p data-bbox="1050 1144 1230 1238">Nascente de contato do tipo eluvionar</p>	<p data-bbox="1284 1010 1528 1373">Nascente de baixa vazão, difusa, próxima a divisores de água, com presença de basalto como limitante horizontal na base, com duas quedas a jusante. Nascente pontual de baixa vazão.</p>
 <p data-bbox="288 1984 408 2011">d- P1.N4</p>	<p data-bbox="1050 1653 1246 1783">Nascente de depressão de subclassificação de vale</p>	<p data-bbox="1284 1585 1528 1850">Nascente próxima a curso hídrico, com solo encharcado e muito pisoteada por búfalos. Vegetação monodominante. Nascente difusa de baixa vazão.</p>

Nascentes	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Descrição
 <p>e- P1.N5</p>	Declive aluvial	<p>Nascente próxima a curso hídrico, com solo encharcado e muito pisoteada por búfalos. Muitos pontos de afloramento no local. Fragmentos de basalto e arenito. Nascente difusa de baixa vazão.</p>
 <p>f- P1.N6</p>	Nascente de depressão de subclassificação de vale	<p>Nascente formada em uma pequena erosão, próximo ao curso hídrico. Muito pisoteada por búfalos. Nascente difusa de baixa vazão.</p>

Nascentes	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Descrição
 <p data-bbox="288 931 408 958">g- P1.N7</p>	<p data-bbox="1050 600 1246 725">Nascente de depressão de subclassificação ondulada</p>	<p data-bbox="1284 499 1544 831">Nascente em uma depressão em vertente. Acima da nascente não há umidade, e após a depressão, a nascente surge. Indícios de pisoteamento por gado. Nascente difusa de baixa vazão</p>
 <p data-bbox="288 1529 408 1556">h- P1.N8</p>	<p data-bbox="1050 1196 1230 1321">Nascente de contato do tipo Encosta ou eluvionar</p>	<p data-bbox="1284 1144 1544 1377">Nascente em um curso hídrico, começa a aflorar neste ponto, durante a estiagem. Nascente pontual de baixa vazão na estiagem.</p>

Nascentes	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Descrição
 <p data-bbox="284 1368 408 1397">i- P1.N9</p>	<p data-bbox="1050 831 1230 931">Nascente de contato do tipo eluvionar</p>	<p data-bbox="1286 815 1544 947">Nascente inicia o afloramento em barranco. Nascente difusa de baixa vazão</p>
 <p data-bbox="284 1966 424 1995">j- P1.N10</p>	<p data-bbox="1050 1653 1230 1753">Nascente de contato do tipo eluvionar.</p>	<p data-bbox="1286 1585 1544 1821">Nascente difusa, com cerca de 8 pontos de afloramento que se juntam. Vazão média. Registro de arenitos a jusante, em uma queda</p>

Nascentes	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Descrição
 <p data-bbox="288 936 416 958">k- P1.N11</p>	<p data-bbox="1050 613 1230 712">Nascente de contato do tipo eluvionar</p>	<p data-bbox="1289 577 1533 741">Nascente difusa , com água correndo lentamente. Registro de arenitos a jusante. Vazão baixa.</p>
 <p data-bbox="288 1534 400 1556">l- P9.N1</p>	<p data-bbox="1050 1189 1230 1330">Nascente de contato do tipo Encosta ou eluvionar (voçoroca)</p>	<p data-bbox="1289 1144 1517 1375">Nascente difusa aflorando em região de voçoroca. Rocha arenítica saprolítica limitante. Curso hídrico a jusante assoreado.</p>

Nascentes	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Descrição
 <p data-bbox="288 936 408 958">m- P9.N2</p>	<p data-bbox="1050 600 1249 730">Nascente de depressão de subclassificação ondulada</p>	<p data-bbox="1286 517 1536 813">Nascente difusa aflorando em pequena depressão, posteriormente acumulando em um pequena represa natural, após uma queda, com presença de basalto.</p>
 <p data-bbox="288 1771 408 1794">n- P9.N3</p>	<p data-bbox="1050 1317 1249 1447">Nascente de depressão de subclassificação ondulada</p>	<p data-bbox="1286 1267 1536 1496">Nascente difusa aflorando em pequena depressão. Vazão muito baixa. Durante a estiagem a nascente desceu cerca de 50 metros.</p>

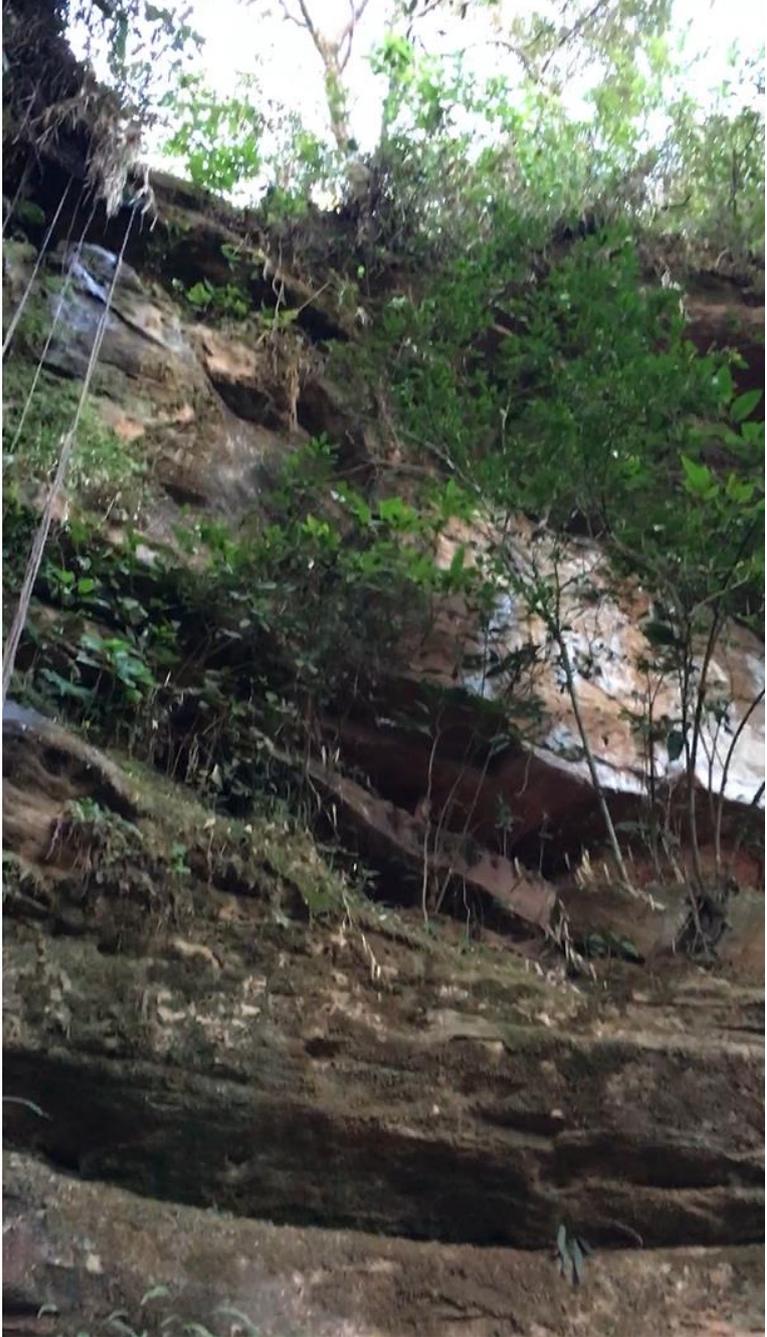
Nascentes	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Descrição
 <p data-bbox="288 931 408 958">o- P9.N4</p>	<p data-bbox="1050 595 1246 725">Nascente de depressão de subclassificação ondulada</p>	<p data-bbox="1283 562 1525 763">Nascente difusa aflorando em uma área úmida, brejosa, taboal. Área úmida encaixada na depressão local.</p>
 <p data-bbox="288 1529 408 1556">p- P9.N5</p>	<p data-bbox="1050 1211 1230 1308">Nascente de contato do tipo eluvionar</p>	<p data-bbox="1283 1093 1533 1429">Nascente difusa, de baixa vazão. Formando um pequeno lago na surgência e infiltrando novamente no solo a jusante. Registro de pegadas de pequeno animais.</p>

Nascentes	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Descrição
 <p data-bbox="288 936 408 958">q- P9.N6</p>	<p data-bbox="1050 616 1233 712">Nascente de contato do tipo eluvionar</p>	<p data-bbox="1289 584 1528 741">Nascente difusa, aflorando em região com arenito limitante. Vazão baixa</p>
 <p data-bbox="240 1534 320 1556">P13.N1</p>	<p data-bbox="1050 1182 1257 1346">Nascente de contato do tipo Cuesta associado a uma nascente de fratura</p>	<p data-bbox="1289 1099 1517 1429">Nascente aflorando abaixo de uma grande árvore, em região com de basalto. Nascente com alta vazão. Próximo a canal hídrico (17m) em região sem depressão.</p>
 <p data-bbox="240 1986 320 2009">P14.N1</p>	<p data-bbox="1050 1727 1246 1854">Nascente de depressão de subclassificação ondulada</p>	<p data-bbox="1289 1693 1544 1888">Nascente difusa. Com indícios de movimentação a jusante, aflorando em uma pequena depressão.</p>

Nascentes	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Descrição
 <p>P14.N2</p>	<p>Nascente de depressão de subclassificação ondulada</p>	<p>Nascente difusa aflorando abaixo de erosão com contenção de resíduos de construção civil</p>
 <p>P14.N3</p>	<p>Nascente de depressão de subclassificação ondulada</p>	<p>Nascente pontual, “construída”, aflorando em uma depressão. Nascente de alta vazão no período das chuvas.</p>
 <p>P14.N4</p>	<p>Nascente de depressão de subclassificação ondulada</p>	<p>Nascente difusa próximo ao divisor de água, aflora em uma pequena depressão. A montante a água aflorada passa a ser subterrânea. Histórico de interrupções segundo moradores locais</p>

Nascentes	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Descrição
 <p>P14.N5</p>	<p>Nascente de contato do tipo Encosta ou eluvionar</p>	<p>Nascente difusa de baixa vazão, sendo represada a jusante.</p>
 <p>P15.N1</p>	<p>Nascente de depressão de subclassificação tipo canal.</p>	<p>Nascente pontual construída, interceptando o nível de água, próximo as margens do curso hídrico. Segundo relato histórico a nascente sempre aflorou neste lugar, e foi preservada depois de instaladas os tubos. Vazão baixa</p>
 <p>P15.N2</p>	<p>Nascente de depressão de subclassificação tipo canal.</p>	<p>Nascente pontual construída e interceptando o nível de água. Toda região com muitos afloramentos; região pantanosa e próxima ao curso hídrico. Vazão baixa.</p>

Nascentes	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Descrição
 <p data-bbox="240 1144 325 1173">P15.N3</p>	<p data-bbox="1050 703 1246 835">Nascente de depressão de subclassificação tipo canal.</p>	<p data-bbox="1283 607 1538 936">Nascente pontual construída, interceptando o nível de água, próximo as margens do curso hídrico. Toda região com muitos afloramentos; região pantanosa. Vazão alta</p>
 <p data-bbox="240 1375 325 1404">P15.N4</p>	<p data-bbox="1050 1240 1209 1339">Nascente de depressão do tipo vale</p>	<p data-bbox="1283 1227 1490 1359">Nascente sempre ocorreu no lugar. Houve o represamento.</p>

Nascentes	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Descrição
 <p data-bbox="240 1704 325 1731">P15.N5</p>	<p data-bbox="1050 949 1230 1151">Nascente de contato do tipo Gravitacional com superfície impermeável sendo a Cuesta</p>	<p data-bbox="1289 837 1544 1263">Nascente de baixa vazão. Porém, segundos relatos nunca seca. A água é coletada em uma caixa de água, onde a nascente pinga. Há no local um grande costão de arenito, que funciona como limite horizontal para afloramento da mesma.</p>

Fonte: Autor.

Quadro 5 – Resumo das características geológica e geomorfológica das nascentes estudadas.

Nascente		Unidade da vertente	Caracterização geológica e geomorfológica quanto a sua forma	Suscetibilidade a intermitência do afloramento	
				Categoria	Explicação
P.1	N1	Sopé coluvial	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Alta	O uso e a ocupação podem baixar o NA impedindo a intersecção da depressão
	N2	Sopé coluvial	Nascente de depressão de subclassificação de vale	Baixa	Com a cota mais baixa, o nível da água tende a sempre interseccionar a região.
	N3	Declividade convexo	Nascente de contato do tipo eluvionar	Alta	Este tipo de nascente possui como reservatório o material eluvionar, associado a proximidade com os divisores, resultando em baixa capacidade de armazenar água.
	N4	Margem de curso de água	Nascente de depressão de subclassificação de vale	Baixa	Com a cota mais baixa, o nível da água tende a sempre interseccionar a região
	N5	Declive aluvial	Nascente de depressão de subclassificação de vale	Baixa	
	N6	Declive aluvial	Nascente de depressão de subclassificação de vale	Baixa	
	N7	Sopé coluvial	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Média	O uso e a ocupação podem baixar o NA impedindo a intersecção da depressão, dentre as nascentes a sofrerem mais este efeito, estão as nascentes próximas aos divisores de água
	N8	Escarpa	Nascente de contato do tipo Encosta ou eluvionar	Alta	Este tipo de nascente possui como reservatório o material eluvionar, associado a proximidade com os divisores, resultando em baixa capacidade de armazenar água
	N9	Declividade convexo	Nascente de contato do tipo eluvionar	Alta	Este tipo de nascente possui como reservatório o material eluvionar, associado a proximidade com os divisores, resultando em baixa capacidade de armazenar água.
	N10	Declividade convexo	Nascente de contato do tipo eluvionar	Alta	
	N11	Declividade convexo	Nascente de contato do tipo eluvionar	Alta	
P.9	N1	Sopé coluvial	Nascente de contato do tipo Encosta ou eluvionar (voçoroca)	Alta	Este tipo de nascente possui como reservatório o material eluvionar, associado a proximidade com os divisores, resultando em baixa capacidade de armazenar água.
	N2	Sopé coluvial	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Média	O uso e a ocupação podem baixar o NA impedindo a intersecção da depressão.
	N3	Declive intermediário de transporte	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Alta	
	N4	Sopé coluvial	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Baixa	
	N5	Sopé coluvial	Nascente de contato do tipo eluvionar	Alta	Este tipo de nascente possui como reservatório o material eluvionar, associado a proximidade com os divisores, resultando em baixa capacidade de armazenar água
	N6	Sopé coluvial	Nascente de contato do tipo eluvionar	Alta	
P.13	N1	Declive intermediário de transporte	Nascente de contato do tipo Cuesta associado a uma nascente de fratura	Baixa	A nascente do tipo cuesta recebe infiltração de uma grande área. As águas que infiltram no topo, afloram nas nascentes.
P.14	N1	Declive com infiltração	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Alta	O uso e a ocupação podem baixar o NA impedindo a intersecção da depressão, entre as nascentes a sofrerem mais este efeito, estão as nascentes próximo aos divisores de água.
	N2	Declive com infiltração	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Média	
	N3	Declive com infiltração	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Média	
	N4	Declive convexo	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Alta	
	N5	Declive intermediário de transporte	Nascente de contato do tipo Encosta ou eluvionar	Alta	Este tipo de nascente possui como reservatório o material eluvionar, associado a proximidade com os divisores, resultando em baixa capacidade de armazenar água.

Nascente		Unidade da vertente	Caracterização geológica e geomorfológica quanto a sua forma	Suscetibilidade a intermitência do afloramento	
				Categoria	Explicação
P.15	N1	Margem de curso de água	Nascente de depressão de subclassificação tipo canal.	Baixa	Por ser a cota mais baixa, o nível da água tende a sempre interseccionar a região, sendo assim as nascentes deste tipo de classificação sofrem menos impacto do uso e ocupação do solo local, porque recebem água de toda região
	N2	Margem de curso de água	Nascente de depressão de subclassificação tipo canal.	Baixa	
	N3	Margem de curso de água	Nascente de depressão de subclassificação tipo canal.	Baixa	
	N4	Declive Aluvial	Nascente de depressão do tipo vale	Baixa	
	N5	Escarpa	Nascente de contato do tipo Gravitacional com superfície impermeável sendo a Cuesta	Alta	Depende da área de recarga acima. Como as Cuestas são as estruturas mais altas, naquele ponto, existe pouca área de recarga associada.

Fonte: Autor

2.3.2 Caracterização do subsolo onde as nascentes se encontram e classificação quanto ao armazenamento.

Usualmente utilizada nos estudos de impacto de contaminação de águas subterrâneas, a condutividade do solo, é desconsiderada nos estudos para reabilitação das nascentes. É de suma importância compreender quais são os tipos de materiais inconsolidados que ocorrem na região das nascentes a serem reabilitadas. A determinação de um solo com baixa capacidade de retenção de águas, deveria resultar em regiões de proteção das nascentes (APPs) maiores que as usuais, o que facilitaria a infiltração das águas, pois é evidente que nascentes associadas a um solo com alta condutividade hidráulica, como um solo arenoso, esgotam suas águas com maior rapidez, quando comparadas com aquelas em solo com um perfil mais argiloso.

Dentre as nascentes estudadas, temos nascentes ocorrendo em regiões com materiais consolidados e substratos rochosos com diversas capacidades de armazenamento- baixa capacidade de armazenamento (19), e nascentes com média capacidade (09), (Quadro 6).

Este detalhamento quanto a transmissividade, também reflete na suscetibilidade erosiva pertinente ao solo. Assim, reforça-se a necessidade de áreas maiores para infiltração e proteção para nascentes com solos classificados como de alta transmissividade e baixo armazenamento. Desta forma também resolveríamos a questão da erosividade com uma vegetação de interceptação do escoamento superficial o que consequentemente resultaria em uma diminuição da erosão pluvial.

Quadro 6 – Identificação dos materiais inconsolidados das nascentes

Nascente		Carta topográfica ¹	Início de curso hídrico	Mapa materiais inconsolidados ²	Substrato rochoso ²	Condutividade hidráulica ³ (m/dia)	Classificação quanto o armazenamento
P.1	N1	A carta não indica que há um início de curso hídrico		Solo transportado arenoso da formação Santa Rita do Passa Quatro.	Formação Pirambóia	$10^{-1} - 10$	Baixa
	N2	A carta não indica que há um início de curso hídrico, apenas uma depressão		Solo transportado arenoso da formação Santa Rita do Passa Quatro.	Formação Pirambóia	$10^{-1} - 10$	Baixa
	N3	A carta indica que há um início de curso a montante (191m)	X	Interface entre o solo residual arenoargiloso da formação Itaqueri e solo residual da formação Serra Geral	Formação Itaqueri	$10^{-5} - 10^{-1}$	Média
	N4	Não há indicativo de nascente e o curso hídrico mais próximo está a 6 m. à leste		Solo transportado arenoso da formação Santa Rita do Passa Quatro.	Formação Pirambóia	$10^{-1} - 10$	Baixa
	N5	Não há indicativo de nascente e o curso hídrico mais próximo está a 13 metros à oeste.			Formação Pirambóia	$10^{-1} - 10$	Baixa
	N6	Não há indicativo de nascente e ela desagua diretamente no curso hídrico a 2 m. à sul.			Formação Pirambóia	$10^{-1} - 10$	Baixa
	N7	Não há indicativo de nascente no mapa, com o curso hídrico à 45 m. à nordeste.			Formação Pirambóia	$10^{-1} - 10$	Baixa
	N8	A carta indica que há um início de curso a montante (350m)	X	Solo residual Botucatu	Formação Botucatu	$10^{-1} - 10^2$	Baixa
	N9	A carta indica que há um início de curso a montante (28m)	X	Solo residual arenoargiloso Itaqueri	Interface entre formação Itaqueri e Botucatu	$10^{-5} - 10^{-1}$	Média
	N10	A carta indica uma nascente exatamente no local registrado	X	Solo residual arenoargiloso Itaqueri	Formação Itaqueri	$10^{-5} - 10^{-1}$	Média
	N11	A carta indica que há um início de curso a montante (142m)	X	Solo residual Botucatu	Formação Botucatu	$10^{-1} - 10^2$	Baixa
P.9	N1	A carta indica que há um início de curso a montante (222m)	X	Solo residual da formação Botucatu	Formação Botucatu	$10^{-1} - 10^2$	Baixa
	N2	A carta não indica que há um início de curso hídrico		Solo residual da formação Botucatu	Mapa divergente do visto in loco (Serra Geral)	$10^{-1} - 10^2$ $10^3 - 10^2$	Média
	N3	A carta indica que há um início de curso a montante (130m)	X	Solo residual da formação Botucatu	Formação Botucatu	$10^{-1} - 10^2$	Baixa
	N4	A carta indica que há um início de curso a montante (95m)	X	Solo residual da formação Botucatu		$10^{-1} - 10^2$	Baixa
	N5	A carta não indica que há um início de curso.		Solo transportado arenoso da formação Santa Rita do Passa Quatro.	Formação Piramboia	$10^{-1} - 10$	Baixa
	N6	A carta indica que há uma nascente muito próxima do curso hídrico indicado.	X	Solo residual da formação Botucatu	Formação Botucatu	$10^{-1} - 10^2$	Baixa

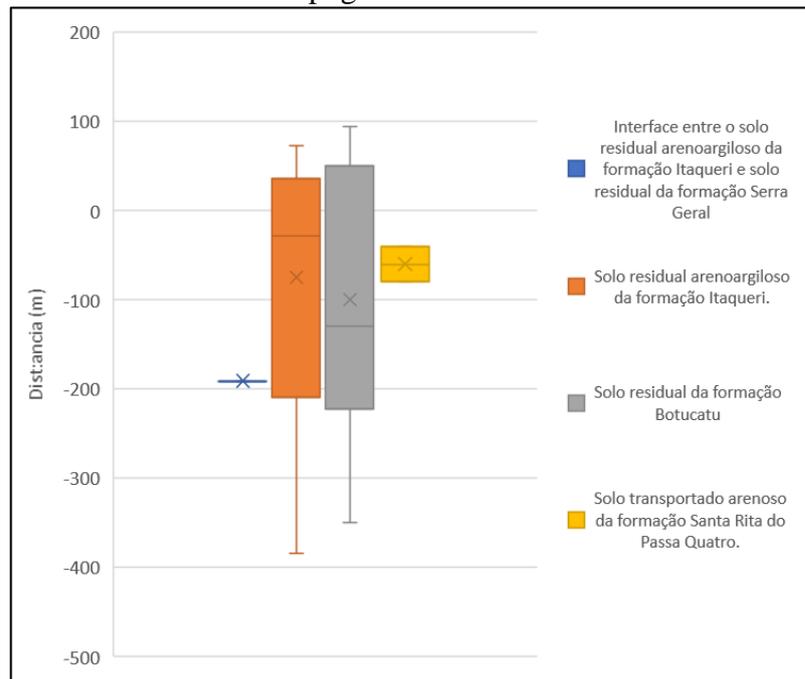
Nascente		Carta topográfica ¹	Início de curso hídrico	Mapa materiais inconsolidados ²	Substrato rochoso ²	Condutividade hidráulica ³ (m/dia)	Classificação quanto o armazenamento
P.13	N1	A carta não indica um início de curso hídrico. Indica, contudo, um curso hídrico paralelo (17m)		Solo transportado arenoso da formação Santa Rita do Passa Quatro.	Mapa divergente do visto in loco (Serra Geral)	$10^{-1} - 10$	Baixa
P.14	N1	A carta indica que há um início de curso a montante (384m)	X	Solo residual arenoargiloso da formação Itaqueri.	Formação Itaqueri	$10^{-5} - 10^{-1}$	Média
	N2	A carta indica que há um início de curso a montante (400m)			Formação Itaqueri	$10^{-5} - 10^{-1}$	Média
	N3	A carta indica que há um início de curso a montante (430m)			Formação Itaqueri	$10^{-5} - 10^{-1}$	Média
	N4	A carta indica que há um início de curso a montante (35m)	X		Formação Itaqueri	$10^{-5} - 10^{-1}$	Média
	N5	A carta não identifica a nascente e a represa está à jusante (73m)	X		Formação Itaqueri	$10^{-5} - 10^{-1}$	Média
P.15	N1	A carta não indica um início de curso hídrico. Indica, contudo, um curso hídrico próximo (13m)		Solo transportado arenoso da formação Santa Rita do Passa Quatro.	Formação Pirambóia	$10^{-1} - 10$	Baixa
	N2	A carta não indica um início de curso hídrico. Indica, contudo, um curso hídrico próximo (12m)			Formação Pirambóia	$10^{-1} - 10$	Baixa
	N3	A carta não indica um início de curso hídrico. Indica, contudo, um curso hídrico próximo (35m)			Formação Pirambóia	$10^{-1} - 10$	Baixa
	N4	A carta indica há uma nascente a montante (80m)	X		Formação Pirambóia	$10^{-1} - 10^2$	Baixa
	N5	A carta indica que há um início de curso a jusante (50m)	X	Solo residual da formação Botucatu	Formação Botucatu	$10^{-1} - 10^2$	Baixa

Fonte:¹IGC, 1970 ²Abreu e Augusto Filho,2007. ³ Healy *et al.*, 2007

Com base em análise feita a partir das coordenadas geográficas anotadas das nascentes, comparando com suas localizações indicadas na carta topográfica, de 1:10.000,(IGC, 1970), é esperado que as nascentes que possuam suas áreas de contribuições com maiores usos e ocupações tenham maiores deslocamento (mudança de ponto) a jusante. A partir desta proposta de comparação, foram analisados os resultados de quais nascentes se encontravam nos diferentes materiais inconsolidados se as diferenças de deslocamento seriam maiores.

Os resultados da análise indicou que as nascentes que estão localizadas em solos residuais da Formação Botucatu possuem as maiores diferenças, como esperado para um solo friável (Figura 13), porém estes dados não estão levando em consideração a atividade antrópica no entorno da nascente nem o erro do mapeamento executados pelo IGC.

Figura 13 – Distâncias entre as localizações atuais das nascentes e o indicado na carta topográfica do IGC de 1970.



Fonte: Autor

2.3.3 Região das águas subterrâneas aflorante nas nascentes

Outra discussão importante a se fazer acerca das nascentes é quanto às regiões das águas que afloram. Segundo Freeze e Cherry (1979), os relevos mais pronunciados possuem contribuições de águas locais. O município de Analândia merece uma atenção especial sobre este fato, justamente por ter parte do seu território com um relevo tão notável, com presença dos fronts das Cuestas arenito-basálticas. O ponto mais alto do município está situado na altitude de 1063 metros e a nascente mais alta visitada possui 1027m de altitude (P14.N4) e está próxima ao ponto mais alto; próximo a ela temos outras nascentes de grande altitude, acima de 900 metros (10 nascentes). A nascente mais baixa possui cerca de 735 metros de altitude (Quadro 7).

A partir do estudo das nascentes, foi possível constatar uma relação entre as nascentes de determinada região e as vazões. As nascentes com as menores vazões estão próximas dos divisores de água e estão localizadas em maiores altitudes.

Esse estudo permitiu concluir que possivelmente quinze (15) nascentes afloram com as águas de fluxo local. Portanto, o volume de suas águas dependem intrinsecamente do uso e ocupação local.

Em um trabalho com objetivo de revitalizar as nascentes, e que necessite de critério para se eleger as nascentes prioritárias, pode-se utilizar o critério de reconhecimento de onde vem as águas (local, intermediária, regional), pois este critério também fornece informações sobre qual nascente está mais propensa ao secamento, e assim fazer o investimento por zonas, iniciando pelas nascentes de águas locais, posteriormente as nascentes de águas intermediárias e finalmente as de águas regionais, já que as últimas estão menos propensas ao secamento ou intermitência.

Outro ponto que também é necessário abordar é relacionado ao viés econômico e utilitarista das nascentes. Para os proprietários uma nascente em maiores altitudes é mais útil que as nascentes mais baixas, porque deste modo é possível manejar as águas apenas pela força da gravidade, sem uso de bombas elétricas. Um exemplo é a Propriedade 15, que possui nascentes com alta vazão próximo ao curso hídrico principal, porém a nascente P15.N5 com baixíssima vazão é muito explorada, já que a mesma fica em um dos pontos de maior altitude, sendo assim, mesmo com o baixíssimo volume, ela é utilizada para dessedentação de animais, sem uso de bomba. Sendo este outro motivo para reabilitar as nascentes mais altas e com águas locais em detrimento das localizadas em áreas mais baixas e próximo aos cursos hídricos.

Quadro 7 – Nascentes e suas regiões de recarga

Nascente	Unidade da vertente	Altitude da nascente	Distância até os interflúvios (m)	Nascentes com expressões locais	Nascentes com menores expressões no grupo (<i>in loco</i>)	Nascentes com maiores expressões no grupo	
P.1	N1	Sopé coluvial	775	1798		N3<N7	N2
	N2	Sopé coluvial	778	1563			
	N3	Declividade convexo	946	263	X		
	N4	Margem de curso de água	792	1258			
	N5	Declive aluvial	782	1533			
	N6	Declive aluvial	751	1785			
	N7	Sopé coluvial	769	1389			
	N8	Escarpa	800	1094			
	N9	Declividade convexo	958	370	X		
	N10	Declividade convexo	958	310	X		
	N11	Declividade convexo	972	820	X		
P.9	N1	Sopé coluvial	804	311	X	N3	N4
	N2	Sopé coluvial	815	328	X		
	N3	Declive intermediário de transporte	866	130	X		
	N4	Sopé coluvial	855	238	X		
	N5	Sopé coluvial	805	573			
	N6	Sopé coluvial	875	311	X		
P.13	N1	Declive intermediário de transporte	834	533		-	
P.14	N1	Declive com infiltração	979	558	X	N4	N3
	N2	Declive com infiltração	974	588	X		
	N3	Declive com infiltração	961	608	X		
	N4	Declive convexo	1027	188	X		
	N5	Declive intermediário de transporte	931	195	X		

Nascente	Unidade da vertente	Altitude da nascente	Distância até os interflúvios (m)	Nascentes com expressões locais	Nascentes com menores expressões no grupo (<i>in loco</i>)	Nascentes com maiores expressões no grupo
P.15	N1	Margem de curso de água	740	522	N5<N2 -	N3
	N2	Margem de curso de água	740	528		
	N3	Margem de curso de água	735	623		
	N4	Declive Aluvial	754	1487		
	N5	Escarpa	930	528		

Fonte: Autor

2.3.4 Classificação geomorfológica de nascentes quanto à descarga.

Na caracterização das nascentes a partir da característica do ponto de descarga, uma (01) nascente foi classificada como Jardim Suspenso, quatro (04) nascentes foram classificadas como nascentes de Encosta, nove (09) nascentes foram classificadas como Reocreno, e quatorze (14) como Helocreno. Todas as nascentes classificadas como Helocreno, podem ser consideradas como área brejosa (Quadro 8).

A área brejosa é consequência da estrutura da descarga. A princípio este fato de ser uma área brejosa pode passar despercebido durante a classificação de uma nascente, porém ele pode nos traduzir uma informação muito importante, que é a existência de água aflorando na nascente na maior parte do tempo, e isso pode ser confirmado a partir da composição biótica (discutido no Capítulo 2). A área úmida e nascente P9.N4 com taboal, por exemplo, pode indicar que aquela nascente, apesar de ser um ambiente lântico, possui uma vazão constante e está sempre inundada. Springer e Stevens (2008), reforçam a questão do componente biótico associado as nascentes, proposta na classificação. Portanto, a ocorrência do taboal é reflexo da estrutura que a descarga da nascente propicia, criando habitats específicos.

Entender que tipo de habitat está associado a qual estrutura é uma ferramenta importante para reabilitação de uma nascente. Uma nascente que ocorre um taboal não exige que ele seja retirado com uso de maquinário para a reabilitar a nascente, pelo contrário, a estrutura da nascente exige espécies adaptadas àquela morfologia, seja espécies florestais ou anfíbias.

Outro fato que merece ser destacado é a existência de processos erosivos nas nascentes. Nas nascentes estudadas os processos erosivos do tipo que retira a cobertura dos solos, ocorrem em maior quantidade nas nascentes classificadas como Reocreno, já que para ocorrer esse tipo de nascente, há necessidade de uma certa declividade no terreno. Uma nascente Reocreno, com

alta suscetibilidade ao secamento, com baixa área de infiltração e material geológico friável, responderá também com erosividade em eventos de alta pluviosidade.

As nascentes classificadas como nascentes de Encostas e Jardim Suspenso também sofrem com os processos erosivos do tipo Movimentação de massas e queda de blocos. No município de Analândia estas nascentes estão associadas as Cuestas.

Quadro 8 – Caracterização das nascentes quanto ao ponto de descarga e relação com a erosão

Nascente		Unidade da vertente	Tipos de descarga	Processos erosivos
P.1	N1	Sopé coluvial	Helocreno.	
	N2	Sopé coluvial	Helocreno.	
	N3	Declividade convexo	Reocreno	Baixo
	N4	Margem de curso de água	Helocreno	
	N5	Declive aluvial	Helocreno	
	N6	Declive aluvial	Reocreno	
	N7	Sopé coluvial	Helocreno	
	N8	Escarpa	Encosta	Médio
	N9	Declividade convexo	Reocreno	
	N10	Declividade convexo	Reocreno	
	N11	Declividade convexo	Reocreno	
P.9	N1	Sopé coluvial	Encosta	Alto
	N2	Sopé coluvial	Reocreno	
	N3	Declive intermediário de transporte	Reocreno	Alto
	N4	Sopé coluvial	Helocreno	
	N5	Sopé coluvial	Helocreno	
	N6	Sopé coluvial	Reocreno	
P.13	N1	Declive intermediário de transporte	Encosta	Médio
P.14	N1	Declive com infiltração	Reocreno	Baixo
	N2	Declive com infiltração	Helocreno	Médio
	N3	Declive com infiltração	Helocreno	
	N4	Declive convexo	Helocreno	
	N5	Declive intermediário de transporte	Encosta	Baixo
P.15	N1	Margem de curso de água	Helocreno	
	N2	Margem de curso de água	Helocreno	
	N3	Margem de curso de água	Helocreno	
	N4	Declive Aluvial	Helocreno	
	N5	Escarpa	Jardins suspenso	Baixo

Fonte: Autor.

A junção de todas essas características pode ser utilizada de várias formas, como por exemplo para escolha de nascentes prioritárias a serem reabilitadas. Se uma nascente possui alta suscetibilidade à intermitência do afloramento, associada ao material geológico de baixa capacidade de armazenamento, somado à possibilidade de serem águas locais, são

características importantes a serem consideradas na escolha das nascentes a serem reabilitadas, pois provavelmente essas nascentes estarão mais suscetíveis ao secamento.

Quando falamos em reabilitar nascentes, a preocupação transcende aos 50 metros propostos pela legislação. É preciso pensar com maior amplitude e pensar nas áreas planas e de recarga a montante das nascentes. É preciso pensar na topologia de contribuição, e isso é um processo transbacia, que envolve pensar em bacias vizinhas.

Se aplicarmos as informações gerados neste capítulo direcionando-os para escolha de nascentes prioritárias para a reabilitação, teríamos então que decidir por oito (08) nascentes (Quadro 9). As oito nascentes estão localizadas próximos dos interflúvios, local de pouca área de recarga e nascentes mais propensas a sofrerem processos erosivos (Figura 14)

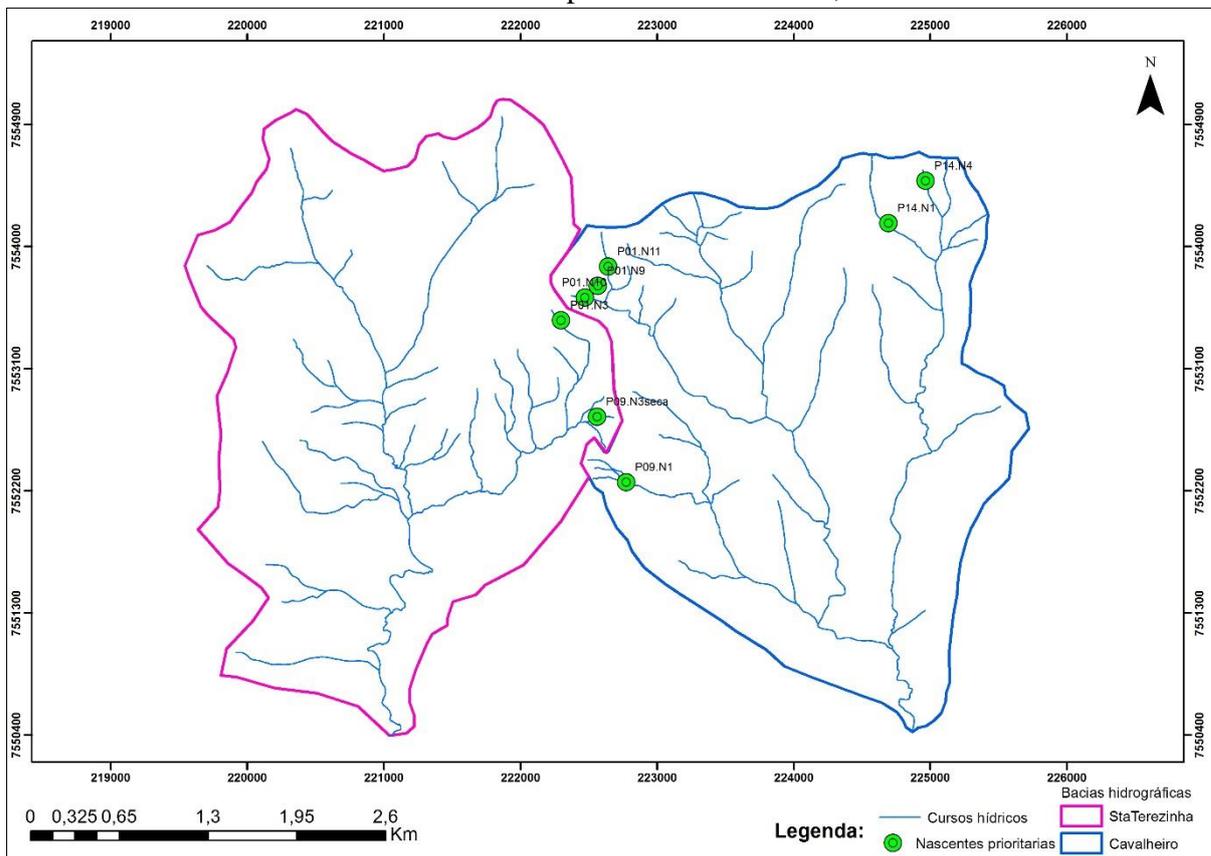
Quadro 9 – O uso da caracterização como critério para definir nascentes prioritárias a reabilitação.

Nascente	Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Suscetibilidade de à intermitência do afloramento	Classificação quanto ao armazenamento	Possivelmente águas locais	Nascentes com menores expressões no conjunto (<i>in loco</i>)	Tipo de descarga	Nascentes prioritárias a reabilitação	
P.1	N1	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Alta	<i>Média</i>		N3<N7	Helocreno.	
	N2	Nascente de depressão de subclassificação de vale	Baixa	<i>Baixa</i>			Helocreno.	
	N3	Nascente de contato do tipo eluvionar	Alta	<i>Baixa</i>	X		Reocreno	X
	N4	Nascente de depressão de subclassificação de vale	Baixa	<i>Baixa</i>			Helocreno	
	N5	Nascente de depressão de subclassificação de vale	Baixa	<i>Baixa</i>			Helocreno	
	N6	Nascente de depressão de subclassificação de vale	Baixa	<i>Baixa</i>			Reocreno	
	N7	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Média	<i>Média</i>			Helocreno	
	N8	Nascente de contato do tipo Encosta ou eluvionar	Alta	<i>Média</i>			Encosta	
	N9	Nascente de contato do tipo eluvionar	Alta	<i>Baixa</i>	X		Reocreno	X
	N10	Nascente de contato do tipo eluvionar	Alta	<i>Baixa</i>	X		Reocreno	X
	N11	Nascente de contato do tipo eluvionar	Alta	<i>Média</i>	X		Reocreno	X
P.9	N1	Nascente de contato do tipo Encosta ou eluvionar (voçoroca)	Alta	<i>Baixa</i>	X	N3	Encosta	X
	N2	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Média	<i>Baixa</i>	X		Reocreno	
	N3	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Alta	<i>Baixa</i>	X		Reocreno	X
	N4	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Baixa	<i>Baixa</i>	X		Helocreno	
	N5	Nascente de contato do tipo eluvionar	Alta	<i>Baixa</i>			Helocreno	
	N6	Nascente de contato do tipo eluvionar	Alta	<i>Média</i>	X		Reocreno	
P.13	N1	Nascente de contato do tipo Cuesta associado a uma nascente de fratura	Baixa	<i>Média</i>		Encosta		
P.14	N1	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Alta	<i>Média</i>	X	N4	Reocreno	X
	N2	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Média	<i>Média</i>	X		Helocreno	
	N3	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Média	<i>Média</i>	X		Helocreno	

Nascente		Caracterização geológica e geomorfológica quanto à forma	Suscetibilidade de à intermitência a do afloramento	Classificação quanto ao armazenamento	Possivelmente águas locais	Nascentes com menores expressões no conjunto (in loco)	Tipo de descarga	Nascentes prioritárias a reabilitação
	N4	Nascente de depressão de subclassificação ondulada	Alta	Baixa	X		Helocreno	X
	N5	Nascente de contato do tipo Encosta ou eluvionar	Alta	Baixa	X		Encosta	
P.15	N1	Nascente de depressão de subclassificação tipo canal.	Baixa	Baixa		N5<N1	Helocreno	
	N2	Nascente de depressão de subclassificação tipo canal.	Baixa	Baixa			Helocreno	
	N3	Nascente de depressão de subclassificação tipo canal.	Baixa	Baixa			Helocreno	
	N4	Nascente de depressão do tipo vale	Baixa	Média			Helocreno	
	N5	Nascente de contato do tipo Gravitacional com superfície impermeável sendo a Cuesta	Alta	Baixa	X		Jardim suspenso	

Fonte: Autor

Figura 14 – Nascentes prioritárias a reabilitação nas bacias hidrográficas Sta. Terezinha e Cavalheiro no município de Analândia-SP, Brasil.



Fonte: Autor

2.4 Conclusão

- O estudo da caracterização geomorfológica e geológica da nascente, vem sendo pouco empregado nos diagnósticos das nascentes, porém ele pode nos fornecer ricas informações sobre o processo de afloramento de uma nascente, associado ao tipo de descarga, consideração sobre a região das águas e unidades de vertentes, podemos assim ser mais precisos nas caracterizações e no entendimento, assim essa caracterização geomorfológica e geológica tem um grande potencial como ferramenta para tomada de decisão e gestão dos recursos hídricos.
- Das vinte e oito nascentes estudadas, oito nascentes foram categorizadas como nascentes prioritárias para o restauro e estão localizadas próximo aos interflúvios, entre as prioritárias, a maior quantidade é nascentes do tipo Reocreno.
- A mais importante expressão de uma nascente, o afloramento das águas, não pode ser preservado apenas mantendo as APPs. É inegável que as APPs têm um papel importantíssimo no controle de erosão e assoreamento, preservando a flora e fauna, oferecendo abrigo e sua funcionalidade como corredor, porém sua existência não garante o afloramento das águas subterrâneas.
- Em certas nascentes, manter apenas a APP estabelecida pelo código florestal não será suficiente para restaurar o afloramento, para isto, será necessária uma restauração da área de contribuição, no caso de nascentes provenientes de Sistemas locais, por exemplo. Somente o estudo aprofundado de cada nascente, poderá nos informar como reabilita-la corretamente.
- No município de Analândia, que tem associado ao seu território as Cuestas, o entendimento das nascentes é imprescindível.; tudo indica que as estruturas das Cuestas funcionam como um reservatório para uma posterior extrafiltração, como no caso da nascente P13.N1.
- Além desse estudo são necessários outros estudos para compreender melhor o local além de estudos para monitorar as vazões, somente desta forma compreenderá as variações naturais das nascentes e construirá prognósticos realistas.

2.5 Referências Bibliográficas

ABREU, Ana Elisa Silva de; AUGUSTO FILHO, Oswaldo. **Mapeamento geotécnico para gestão municipal: abordagem combinando três métodos distintos e sua aplicação em Analândia (SP)**. 2007. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-26032010-101623/?&lang=pt-br> >.

ÁLAMO, G. T. **Vocabulário Geomorfológico**. Ed. Akal, Madrid - Espanha, 1994.

ANA- Agência Nacional das Águas. **Na França, CNA propõe debate sobre proteção de nascentes e margens de rios**. Consulta de site eletrônico. Disponível em : <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/na-franassa-cna-propaue-debate-sobre-proteassapso.2019-03-15.1851640103>

BROCK, M.A.; CASANOVA, M.T. **Plant life at the edge of wetlands: ecological responses to wetting and drying patterns**. In 'Frontiers in Ecology: Building the Links'. (Eds Klomp, N. and Lunt, I.) pp. 181-192. (Elsevier Science: Oxford), 1997

BRYAN, Kirk. "Classification of Springs," **The Journal of Geology** **27**, no. 7 (Oct. - Nov., 1919): 522-561. <https://doi.org/10.1086/622677>

CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª Ed. 15ª Impressão. São Paulo- Blucher, 1980.

CUNHA, C. N., PIEDADE, M. T. F., JUNK, W. J.; **Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats** [recursoeletronico] /. – Cuiabá: EdUFMT, 2015.

DAVIS, S. N., DE WIEST, R. J. M. **Hydrogeology**. Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1966

DNR Minnesota - Department of Natural Resources of Minnesota, **Minnesota Spring Inventory. Guidance Document**. Minnesota, 2017. Disponível em: https://files.dnr.state.mn.us/waters/groundwater_section/mapping/msi/MSI_GuideDoc.pdf

EAMUS, D., FROEND, R., LOOMES, R., HOSE, G., MURRAY, B., A Functional methodology for determining the groundwater regime needed to maintain the health of groundwater-dependent vegetation. **Australian Journal of Botany**. 54. 97-114. 10.1071/BT05031.2006

FELIPPE, M. F., e MAGALHÃES JUNIOR, A. P. (2013). Revista **Geografias**. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. Belo Horizonte, 17 de janeiro - 06 de junho de 2013. Vol. 9, nº 1, 2013

FREEZE, A. R., CHERRY, J.A. **Águas Subterrâneas** tradução de Everton de Oliveira et al; Coord. Everton de Oliveira, (2017), EUA: Prentice Hall, 1979.

HEALY, R.W., WINTER, T.C., LABAUGH, J.W., e FRANKE, O.L., 2007, Water budgets: Foundations for effective waterresources and environmental management: **U.S. Geological Survey Circular** 1308, 90 p.

IBGE. Panorama local do município de Analândia. Consulta eletrônica em 2019. Disponível em : <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/analandia/panorama>

IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico. Cartas Topográficas 1:10.000. 1970. Disponível no portal DataGeo.

JUNK, W. J., PIEDADE, M. T., LOURIVAL, R. , WITTMANN, F. , KANDUS, P. , LACERDA, L. D., BOZELLI, R. L., ESTEVES, F. A., NUNES DA CUNHA, C. , MALTCHIK, L. , SCHÖNGART, J. , SCHAEFFER-NOVELLI, Y. e AGOSTINHO, A. A. (2014), Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 24: 5-22. 2013

KLEEREKOPER, H., **Introdução ao Estudo da Limnologia**. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1944.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm

KREAMER DK, STEVENS LE, LEDBETTER, JD. Groundwater dependent ecosystems—science, challenges, and policy directions. In: Adelana SM (ed) **Groundwater**. Nova Science Publishers, Hauppauge (NY), pag 205–230. 2015

LINSLEY, R. K.; FRANZINI, J. B. **Engenharia de Recursos Hídricos**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, Editora Universidade de São Paulo, 1978.

MEINZER, O. E. **Hydrology**. McGraw-Hill Book Company, Inc. 1942.

Nicol, J.M., Doody, T.M. and Overton, I.C. (2010a). **An evaluation of the Chowilla Creek environmental regulator on floodplain understory vegetation**. South Australian Research and Development Institute (Aquatic Sciences), Adelaide. SARDI Publication No. F2010/000317-1. Austrália, 2010.

SILVA W. R., VIELLIARD, J. Avifauna da Mata Ciliar. In: RODRIGUES, Ricardo R.; LEITÃO FILHO, H. F. (org). **Matas ciliares: Conservação e Recuperação** 2ª ed., 2ª reimpr. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, Fapesp, 2009.

RODRIGUES, R. R. Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: RODRIGUES, Ricardo R.; LEITÃO FILHO, H. F. (org). **Matas ciliares: Conservação e Recuperação** 2ª ed., 2ª reimpr. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, Fapesp, 2009.

SÃO PAULO. **Decreto nº 20.960, de 8 de junho de 1983** - Declara área de proteção ambiental regiões situadas em diversos municípios, dentre os quais Corumbataí, Botucatu e Tejuapá. Acessado em 17 de maio de 2017. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1983/decreto-20960-08.06.1983.html>

SÃO PAULO. **Lei n. 7.438, de 16 de julho de 1991**- Declara área de proteção ambiental - APA - regiões que especifica, dando providências correlatas. Acessado em 17 de maio de 2017. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-743816.07.1991.html>.

SMA- Secretaria do Estado do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Cadernos da Mata Ciliar**- Nº1 : Preservação e recuperação das nascentes de água e vida. Redação Rinaldo de Oliveira Calheiros ...[et al.]. -- 2.ed. -- São Paulo : SMA, 2009. Disponível também em: <<http://ambiente.sp.gov.br/mataciliar>>.

SPRINGER, A.E., STEVENS, L.E. Spheres of discharge of springs. **Hydrogeology Journal** (2008) 17: 83. <https://doi.org/10.1007/s10040-008-0341-y>

SSI - SPRINGS STEWARDSHIP INSTITUTE, 2012. Disponível em: <http://springstewardshipinstitute.org/> acessado em 24 de novembro de 2018

SPRINGER et al. Classification, Identification Techniques and Threats in: **Integrated Groundwater Management: Concepts, Approaches and Challenges**. Org. JAKEMAN, A. J., BARRETEAU, O., HUNT, R. J. e ROSS, A., Springer Open, 2016.

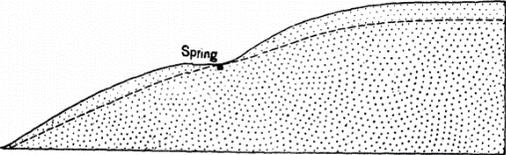
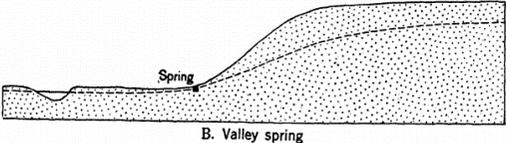
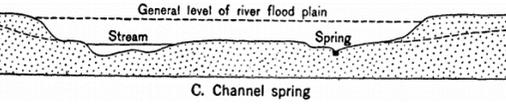
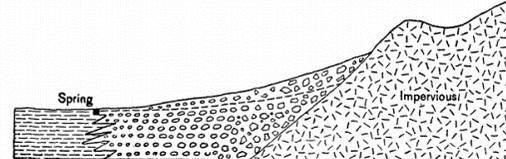
SPRINGS STEWARDSHIP INSTITUTE. Spring Tipos. 2012. Site para consulta. Disponível em : <http://springstewardshipinstitute.org/cave>.

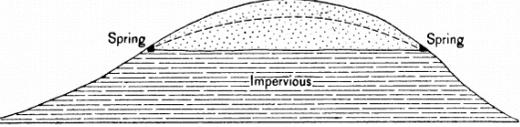
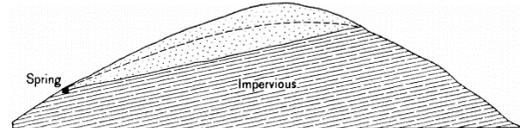
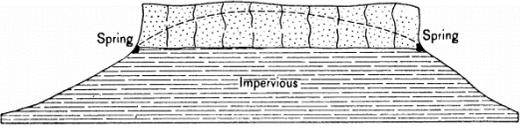
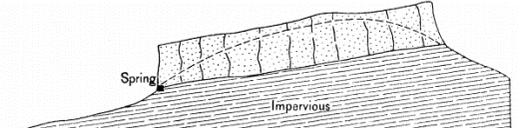
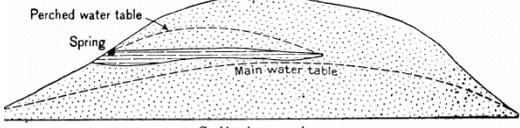
UNESCO-WMO (World Meteorological Organization). **International Glossary of Hydrology**, 3ª ed. 2012.

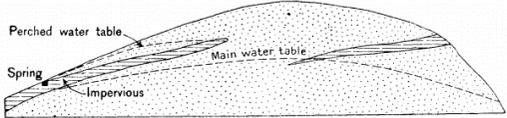
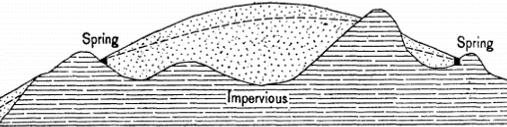
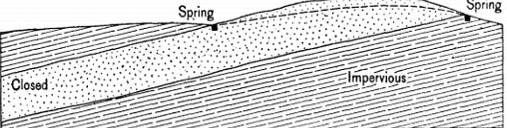
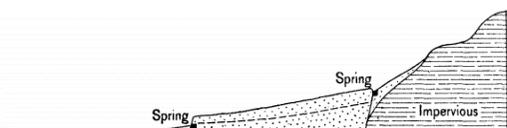
USDA- United States Department of Agriculture and Forest Service. **Groundwater-Dependent Ecosystems: Level I Inventory Field Guide**. Gen. Tech. Report WO-86a. 2012

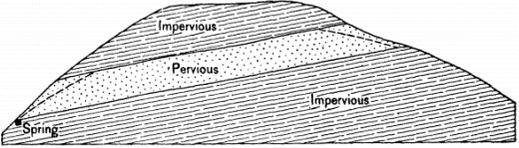
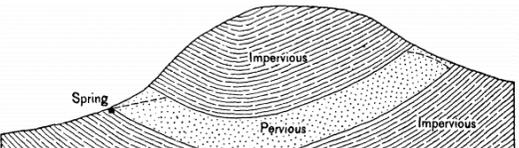
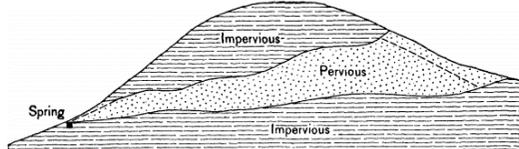
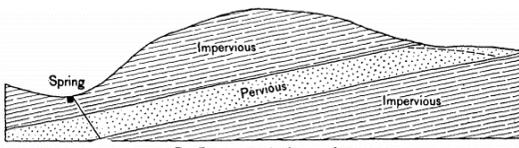
2.6 Apêndice A

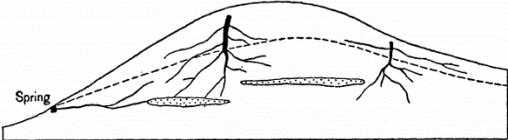
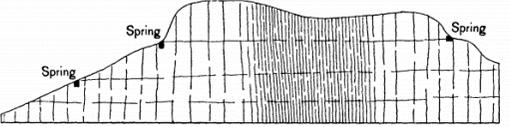
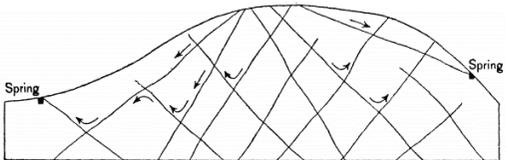
Quadro 10 – Efeitos x Estruturas de classificação de nascentes.

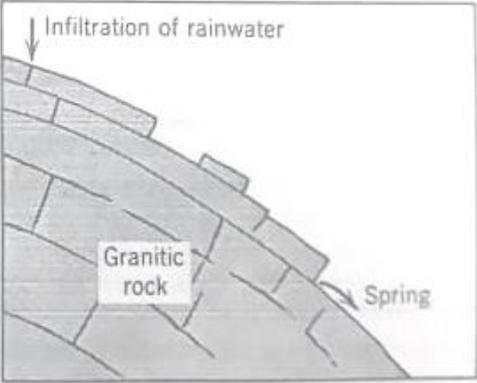
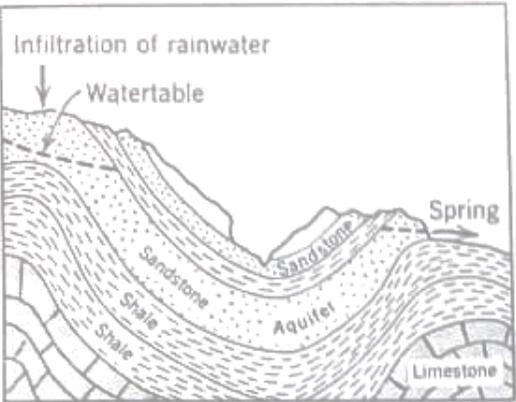
Geomorfologia de nascentes*	Subclassificação*	Esquemas*	Propensão a interrupção das surgência considerando a estrutura geológica **	Propensão a mudar o ponto de afloramento.**	Nascentes mais propensas a serem impactadas por alterações na área de recarga**
Subclassificação das nascentes de depressão	Onduladas	 A. Dimple spring	Maior propensão a acumular água e só extravasar quando atingir a linha de intersecção da depressão	Muito propensa, a nascente pode aflorar em diversos lugares da depressão dependendo do nível d'água	Alta propensão. O uso e a ocupação pode baixar o NA de forma definitiva impedindo a intersecção da depressão
	Vale	 B. Valley spring	Maior propensão a acumular água e só extravasar quando atingir a linha de intersecção da depressão	Muito propensa, a nascente pode aflorar em diversos lugares da depressão dependendo do nível d'água	Alta propensão. O uso e a ocupação pode baixar o NA de forma definitiva impedindo a intersecção da depressão
	Canal	 C. Channel spring	Pouco propensa, nascente sempre surge no ponto mais baixo, no canal do curso.	Pouco propensa, a nascente pode aflorar em diversos lugares da depressão dependendo do nível d'água, porém, o nível mais baixo é o canal do curso.	Baixa propensão. Por ser a cota mais baixa, o nível da água tende a sempre interseccionar a região, sendo assim, as nascentes deste tipo de classificação sofrem menos impacto do uso e ocupação do solo, porque recebem água de toda região
	Fronteira	 D. Border spring	Maior propensão a acumular água e só extravasar quando atingir a linha de extravasamento da fronteira	Pouco propensa, a nascente tem uma variação de transmissividade em fronteira fixa.	Alta propensão. O uso e a ocupação podem baixar o NA de forma definitiva impedindo o afloramento.

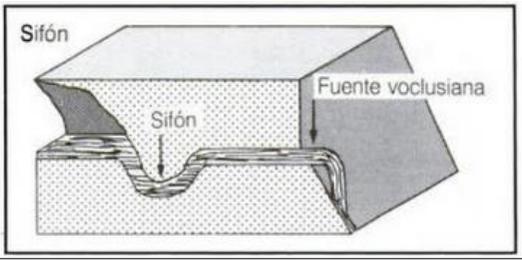
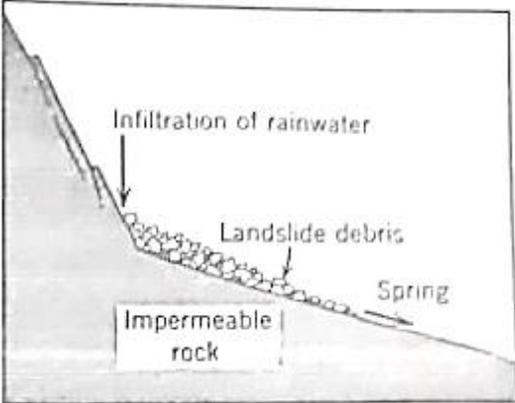
Geomorfologia de nascentes*	Subclassificação*	Esquemas*	Propensão a interrupção das surgência considerando a estrutura geológica **	Propensão a mudar o ponto de afloramento.**	Nascentes mais propensas a serem impactadas por alterações na área de recarga**
Subclassificação das nascente de contato regular	Gravitacional	 <p>A. Gravity springs</p>	Pouco propensa, nascente se esgota até ter toda água aflorada	Pouco propensa. A nascente tem um horizonte limitador	Baixa propensão. O uso e a ocupação limitarão o volume escoado porém sempre haverá uma estrutura responsável pelo afloramento
	Gravitacional inclinada	 <p>A. Inclined gravity spring</p>	Pouco propensa, nascente se esgota até ter toda água aflorada	Pouco propensa. A nascente tem um horizonte limitador	Baixa propensão. O uso e a ocupação limitarão o volume escoado porém sempre haverá uma estrutura responsável pelo afloramento
	Mesa	 <p>B. Mesa springs</p>	Pouco propensa, nascente se esgota até ter toda água aflorada	Pouco propensa. A nascente tem um horizonte limitador	Baixa propensão. O uso e a ocupação limitarão o volume escoado porém sempre haverá uma estrutura responsável pelo afloramento
	Cuesta	 <p>B. Cuesta spring</p>	Pouco propensa, nascente se esgota até ter toda água aflorada	Pouco propensa. A nascente tem um horizonte limitador	Baixa propensão. O uso e a ocupação limitarão o volume escoado porém sempre haverá uma estrutura responsável pelo afloramento
	Lentes	 <p>C. Hardpan spring</p>	Pouco propensa, nascente se esgota até ter toda água aflorada	Pouco propensa. A nascente tem um horizonte limitador	Baixa propensão. O uso e a ocupação limitarão o volume escoado porém sempre haverá uma estrutura responsável pelo afloramento

Geomorfologia de nascentes*	Subclassificação*	Esquemas*	Propensão a interrupção das surgência considerando a estrutura geológica **	Propensão a mudar o ponto de afloramento.**	Nascentes mais propensas a serem impactadas por alterações na área de recarga**
	Lentes inclinadas	 <p>C. Inclined hardpan spring</p>	Pouco propensa, nascente se esgota até ter toda água aflorada	Pouco propensa. A nascente tem um horizonte limitador	Baixa propensão. O uso e a ocupação limitarão o volume escoado porém sempre haverá uma estrutura responsável pelo afloramento
	Contidas	 <p>A. Pocket springs</p>	Maior propensão a acumular água e só extravasar quando atingir o limite mínimo necessário	Pouco propensa. A nascente tem um horizonte limitador	Alta propensão. O uso e a ocupação pode baixar o NA de forma definitiva impedindo o extravasamento
Subclassificação das nascentes de contato irregulares	De transbordamento	 <p>B. Overflow springs</p>	Maior propensão a acumular água e só extravasar quando atingir o limite mínimo necessário	Pouco propensa. A nascente tem um horizonte limitador	Alta propensão. O uso e a ocupação pode baixar o NA de forma definitiva impedindo o extravasamento
	Dique de rochas	 <p>C. Rock-dam spring</p>	Maior propensão a acumular água e só extravasar quando atingir o limite mínimo necessário	Pouco propensa. A nascente tem um horizonte limitador	Alta propensão. O uso e a ocupação pode baixar o NA de forma definitiva impedindo o extravasamento
	Dique de falha	 <p>D. Fault-dam springs</p>	Maior propensão a acumular água e só extravasar quando atingir a linha da falha.	Pouco propensa. A nascente tem um horizonte limitador	Alta propensão. O uso e a ocupação pode baixar o NA de forma definitiva impedindo o extravasamento

Geomorfologia de nascentes*	Subclassificação*	Esquemas*	Propensão a interrupção das surgência considerando a estrutura geológica **	Propensão a mudar o ponto de afloramento.**	Nascentes mais propensas a serem impactadas por alterações na área de recarga**
Subclassificação das nascentes artesianas	Imersão.	 <p>A. Dip artesian spring</p>	Pouco propensa, nascente se esgota até ter toda água aflorada	Muito pouco propensa. A nascente tem dois horizontes limitadores.	Alta propensão se o uso e ocupação ocorrer na pequena área de recarga. Baixa propensão se a ocupação ocorrer fora das áreas de recarga.
	Sifão	 <p>B. Siphon artesian spring</p>	Maior propensão a acumular água e só extravasar quando atingir o limite mínimo necessário	Muito pouco propensa. A nascente tem dois horizontes limitadores.	Alta propensão se o uso e ocupação ocorrer na pequena área de recarga. Baixa propensão se a ocupação ocorrer fora das áreas de recarga.
	Não encaixadas.	 <p>C. Unbedded artesian spring</p>	Pouco propensa, nascente se esgota até ter toda água aflorada	Muito pouco propensa. A nascente tem dois horizontes limitadores.	Alta propensão se o uso e ocupação ocorrer na pequena área de recarga. Baixa propensão se a ocupação ocorrer fora das áreas de recarga.
	Fratura	 <p>D. Fracture artesian spring</p>	Pouco propensa, nascente se esgota até ter toda água aflorada	Muito pouco propensa. A nascente tem dois horizontes limitadores e uma falha geológica	Alta propensão se o uso e ocupação ocorrer na pequena área de recarga. Baixa propensão se a ocupação ocorrer fora das áreas de recarga.
Subclassificação das nascentes de rochas impermeáveis	Tubular	 <p>A. Solution tubular spring</p>	Pouco propensa, nascente se esgota até ter toda água aflorada	Muito pouco propensa. A nascente tem uma estrutura limitadora.	Alta propensão se ocorrer mineração

Geomorfologia de nascentes*	Subclassificação*	Esquemas*	Propensão a interrupção das surgência considerando a estrutura geológica **	Propensão a mudar o ponto de afloramento.**	Nascentes mais propensas a serem impactadas por alterações na área de recarga**
Subclassificação das nascentes de fratura	Tubular menores	 <p>B. Minor tubular spring</p>	Pouco propensa, nascente se esgota até ter toda água aflorada	Muito pouco propensa. A nascente tem uma estrutura limitadora.	Alta propensão se ocorrer mineração
	Quadrículadas	 <p>A. Quadrille fracture springs</p>	Pouco propensa, nascente se esgota até ter toda água aflorada	Muito pouco propensa. A nascente tem uma estrutura limitadora.	Baixa propensão se ocorrer mineração
	Hachura.	 <p>B. Crosshatch fracture springs</p>	Maior propensão a acumular água e só extravasar quando atingir o nível de extravasamento da fratura	Muito pouco propensa. A nascente tem uma estrutura limitadora.	Baixa propensão se ocorrer mineração
	Inclinada.	 <p>C. Inclined fracture springs</p>	Maior propensão a acumular água e só extravasar quando atingir o nível de extravasamento da fratura	Muito pouco propensa. A nascente tem uma estrutura limitadora.	Baixa propensão se ocorrer mineração

Geomorfologia de nascentes*	Subclassificação*	Esquemas*	Propensão a interrupção das surgência considerando a estrutura geológica **	Propensão a mudar o ponto de afloramento.**	Nascentes mais propensas a serem impactadas por alterações na área de recarga**
2 Rochas graníticas	2 Rochas graníticas		<p>Maior propensão a acumular água e só extravasar quando atingir o nível do afloramento</p>	<p>Muito pouco propensa. A nascente tem uma estrutura limitadora.</p>	<p>Baixa propensão se ocorrer mineração</p>
Nascente anticlinal			<p>Maior propensão a acumular água e só extravasar quando atingir o nível do afloramento</p>	<p>Muito pouco propensa. A nascente tem uma estrutura limitadora.</p>	<p>Alta propensão se o uso e ocupação ocorrer na pequena área de recarga. Baixa propensão se a ocupação ocorrer fora das áreas de recarga.</p>

Geomorfologia de nascentes*	Subclassificação*	Esquemas*	Propensão a interrupção das surgência considerando a estrutura geológica **	Propensão a mudar o ponto de afloramento.**	Nascentes mais propensas a serem impactadas por alterações na área de recarga**
Nascente vaclusiana			-	Muito pouco propensa. A nascente tem uma estrutura limitadora.	Alta propensão se o uso e ocupação ocorrer na pequena área de recarga. Baixa propensão se a ocupação ocorrer fora das áreas de recarga.
Encosta ou eluvial			Pouco propensa, nascente se esgota até ter toda água aflorada	Muito propensa, a nascente pode aflorar em diversos lugares da dependendo do nível d'água.	Baixa propensão. O uso e a ocupação limitarão o volume escoado porém sempre haverá uma estrutura responsável pelo afloramento

*Fonte da classificação: Classificação de nascentes, de acordo com Bryan (1919), Davis e DeWiest (1966), Linsley e Franzini (1978) e UNESCO-WMO (2012). **Fonte da discussão: Autor.

2.7 Apêndice B

FICHA DE CADASTRAMENTO E DESCRIÇÃO DE NASCENTES							
1 – Ponto/Propriedade:				1.1 Contato/Proprietário:			
2 - Coordenadas UTM:				2.1. Altitude (m):			
3 - Município:				4 - Localidade:			
5 - Uso atual do corpo d'água 1 - Consumo humano () 2 - Consumo animal () 3 - Irrigação () 4 - Recreação () 5 - Outros ()							
6 – Formas de afloramento 1 – Pontual () 2 – Difusa ()							
7 – Morfologia 1 – Nascente de contato () 2 – Nascente depressão () 3 - Nascentes de rochas impermeáveis 4 – Outras :							
8 – Tipos de descargas 1 - Reocrenos (a água ao sair do solo forma imediatamente um riacho) () 2 - Limnocrenos (a água forma uma poça sem correnteza) () 3 - Helocrenos (a água se espalha sobre superfície do solo, formando um brejo) () 4 – Nascente de encosta () ; Outras:							
9- Aspectos do entorno imediato (em raio de 50m) 1 - Conservado (vegetação nativa ou bem regenerada) () 2 - Degradado (lixo, fogo, redução, atividade antrópica) ()							
10 - Presença de processos erosivos (ao entorno de 50m) 1 - Não () 2 - Laminar () 3 - Sulcos () 4 - Deslizamento () 5 - Voçoroca () 6 - Ravina ()							
11 – Classificação textural do solo. 1 – Argiloso () 2- Arenoargiloso () 3 – Arenoso () 4 – Rocha () 5 – Solos hidromórficos ()							
Quantificação dos Parâmetros Macroscópicos							
Pontuação	(1)		(2)		(3)		
Cor da água	() Escura		() Clara		() Transparente		
Odor (Cheiro)	() Forte		() Fraco		() Ausente		
Lixo ao redor	() Muito		() Pouco		() Ausente		
Materiais Flutuantes	() Muito		() Pouco		() Ausente		
Espumas	() Muito		() Pouco		() Ausente		
Oleos	() Muito		() Pouco		() Ausente		
Esgoto	() Esgoto doméstico		() Fluxo superficial		() Ausente		
Vegetação	() Alta degradação		() Pouca degradação		() Preservada		
Uso por animais	() Presença		() Apenas marcas		() Não detectado		
Uso por humanos	() Presença		() Apenas marcas		() Não detectado		
Proteção do local	() Não detectado		() Sem proteção		() Com proteção		
Proximidade com residências ou estabelecimentos							
	() – 50m		() entre 50 e 100m		() + 100m		
Tipo de área de inserção							
	() Ausente		() Propriedade privada		() Parque/áreas protegidas		
12 - Tipo de vegetação ao entorno 1 - Ausente () 2 - Mata () 3 - Capoeira () 4 - Cerrado () 5 - Cultivo () 6 - Pastagem ()							
13 Vegetação dominante 1-Arvores () 2- Arbusto () 3- Herbácea () 4- Sem tipo específico				14 – Presença de briófitas 1-Abundante () 2- Médio () 3-Pouco () 4-Nenhuma ()			
15-Tipo dominante		Rank dominantes (1a5)		Espécies			
Arvores							
Arbusto e sub arbusto							
Herbácea							
Briófitas							
Plantas aquáticas							
Desconhecido							
Parâmetros	Q:	pH:	Cond(µS/cm)	Turb.	OD	T °C	Sal.
Observações:							

Fonte: Adaptado de USDA, 2012

3. CAPÍTULO 2 - Ecossistemas dependentes das águas subterrâneas- GDEs



Ninho de beija-flor, pendurado em uma raiz nas paredes de uma nascente (P15.N5). Construído com teias de aranha, folhas de samambaia, musgos e sementes aladas. Como um ninho desta espécie poderia ser construído sem os musgos? Como poderia haver musgos sem água? As dependências se entrelaçam e a sutil construção revela a magnitude da cadeia e da vida.

3.1 Introdução

No geral os ecossistemas são dependentes das águas. Porém é importante ressaltar que existem ecossistemas intrinsecamente dependentes das águas subterrâneas e suas expressões, como as nascentes. Essa dependência do ecossistema ao recurso hídrico subterrâneo, é denominada Ecossistemas Dependentes de Águas Subterrâneas, ou Groundwater Dependent Ecosystems (GDEs). Eamus *et al* (2006), classificou os GDEs em 3 classes:

(I) Aquíferos e ecossistemas de cavernas, onde a stygofauna (organismos que vivem nas águas subterrâneas) residem dentro do recurso de água subterrânea. Estes ecossistemas incluem rochas cársticas, fraturadas e aquíferos aluviais. Consideramos também a zona hiporreica de rios e várzeas nessa categoria, porque esses ecótonos geralmente apoiam os stygobites (habitantes obrigatórios das águas subterrâneas).

(II) Todos os ecossistemas dependem da expressão superficial das águas subterrâneas. Isto inclui, por conseguinte, o fluxo de base de rios e riachos, zonas úmidas, algumas planícies aluviais e nascentes de montes e leitos de ervas marinhas estuarinas.

(III) Todos os ecossistemas dependentes da presença de águas subterrâneas, frequentemente acessados através da franja capilar (zona não saturada acima da zona saturada do lençol freático) quando as raízes penetram nesta zona. Nenhuma expressão de água subterrânea na superfície é necessária nesta classe de GDE. (tradução nossa).

Segundo Springer *et al* (2016), este esquema de classificação foi recentemente adotado no Atlas Nacional Australiano de Ecossistemas Dependentes de Água Subterrânea.

Apesar desta classificação, há muita dificuldade em se identificar a localização dos GDEs e avaliar sua dependência das águas subterrâneas. Segundo o autor, localizá-los é o primeiro passo vital para gerenciá-los (SPRINGER *et al* 2016).

Clifton e Evans (2001 apud Springer, 2016) e Eamus *et al* (2006), apresentam quinze (15) perguntas-chave para **identificar** um GDE, uma resposta afirmativa indica que uma espécie pode estar utilizando as águas subterrâneas, porém não fornece resposta se é uma dependência obrigatória ou facultativa, nem tampouco respostas qualitativas ou quantitativas desta dependência:

1. Um córrego / rio flui durante todo o ano, apesar dos longos períodos de chuvas baixas ou nulas (e, portanto, de vazões superficiais)?

2. Para sistemas estuarinos, os níveis de salinidade ficam abaixo da água do mar na ausência de insumos de água na superfície?
3. O fluxo total em um rio aumenta a jusante na ausência de influxo de um fluxo tributário ou superficial?
4. Os níveis de água em uma área úmida são mantidos durante longos períodos secos?
5. A água subterrânea é descarregada na superfície durante períodos significativos de tempo todos os anos? Se tal recurso estiver presente, a evolução garantirá que algumas espécies o usem.
6. A vegetação está associada à descarga superficial de água subterrânea diferente (em termos de composição de espécies, padrão fenológico, índice de área foliar ou estrutura da vegetação) da vegetação próxima, mas que não está acessando esta água subterrânea?
7. A taxa anual de transpiração vegetação suspeita de ser uma GDE é significativamente maior que a precipitação anual no local e o local não é um local de atrito?
8. As relações hídricas das plantas (especialmente os potenciais hídricos antes do amanhecer e meio dia e as taxas de transpiração) indicam menor estresse hídrico (potencial hídrico próximo a zero; taxa de transpiração maior) que vegetação localizada nas proximidades, mas sem acesso às águas subterrâneas descarregadas na superfície? O melhor momento para avaliar isso é durante períodos sem chuva.
9. O balanço hídrico de um local indica que a soma* do uso de água mais a perda de interceptação somado o escoamento superficial somado a drenagem profunda é significativamente maior que a precipitação anual mais o fluxo contínuo?
 *(Uso da Água + Perda de interceptação + Escoamento superficial + Drenagem profunda >> Precipitação Anual + Fluxo contínuo)
10. A liberação de águas subterrâneas ocasionais (ou habituais) na superfície está associada aos principais estágios de desenvolvimento da vegetação (como florescimento, germinação, estabelecimento de mudas)?
11. A modelagem hidrológica e superficial e subterrânea sugere que a água subterrânea está descarregando para a superfície ou localizada dentro da provável profundidade de enraizamento da vegetação?
12. A água subterrânea ou a franja capilar estão acima do lençol freático presente dentro da profundidade de enraizamento de qualquer vegetação?
13. Uma parte da vegetação permanece verde e fisiologicamente ativa (principalmente transpirando e fixando carbono, embora o crescimento do diâmetro do caule ou o crescimento foliar também sejam bons indicadores) durante longos períodos secos do ano?
14. Dentro de uma pequena região (e, portanto, uma área com o mesmo déficit anual de precipitação, temperatura e pressão de vapor) e em uma área sem acesso a água corrente ou fluvial, alguns ecossistemas apresentam grandes mudanças sazonais na área foliar. Índice, enquanto outros não?
15. As mudanças sazonais na profundidade da água subterrânea são maiores do que a soma dos fluxos laterais e da percolação em profundidade (isto é, a vegetação é um caminho de descarga significativo para as águas subterrâneas? (Cook et al. 1998))? Claramente, se os termos de erro na estimativa de fluxo lateral e percolação para profundidade são de magnitude similar ou maior que a taxa de água de vegetação, este método pode não ser apropriado. CLIFTON e EVANS (2001 apud SPRINGER,2016) e EAMUS *et al* (2006), (tradução nossa)

Kremer (2015) afirma que dentre essa variedade de sistemas GDEs possíveis de identificar a partir das perguntas acima, as nascentes são um dos grupos mais óbvios, porém os ecossistemas das nascentes foram negligenciados pela comunidade científica, em parte devido a complexidade ecológica destas; o autor também salienta que a alta diversidade biológica nos ecossistemas das nascentes deve-se, em parte, à coocorrência de até 13 microambientes diferentes dentro de alguns tipos de nascentes complexas. Esses ecossistemas podem ser muito vulneráveis a mudanças no fluxo, qualidade ou mudanças no habitat.

No Brasil existem poucos trabalhos analisando as nascentes e descrevendo os GDEs associados. Um dos primeiros autores a estudar nascentes foi Kleerekoper (1944), em que o autor fez algumas análises pertinentes:

Enquanto a falta de luz domina o ambiente ecológico das cavernas e das águas subterrâneas, nas águas das nascentes as condições químicas, a temperatura, a velocidade da água e a topografia local caracterizam o biótopo.

Frequentemente foram encontrados representantes da fauna subterrânea nas nascentes.

A temperatura das nascentes é aproximadamente igual a da água subterrânea e, portanto, baixa e constante. Assim, organismos stenotérmicos do frio encontram nas nascentes um biótopo apropriado” (KLEEREKOPER, 1944, p.138).

Kleerekoper (1944) traz à luz algumas espécies estudadas naquela época, e compara algumas das espécies encontradas em nascentes Reocrenos no estado de Minas Gerais, e a partir de um estudo de Lundblad(1941 apud Kleerekoper,1944) sobre *Hydracarina* , o autor compara as espécies de Reocrenos e Limnocrenos, sob a ótica da biocenose dos Limnocrenos se assemelham à fauna subterrânea (Anexo 1). Segundo Kleerekoper, os organismos reocrenos possuem adaptações comuns encontradas nos organismos da água corrente e que servem para diminuir a pressão lateral da água, como corpo achatado e órgãos para se agarrar ao substrato.

Espécies habitantes obrigatórias de nascentes são chamadas de crenobiontos, e estes organismos são mais raros de serem encontrados em nascentes com temperatura oscilante (KLEEREKOPER,1944).

Estas distinções além de reforçarem o conceito dos GDEs, também nos fornecem informações sobre a morfologia das espécies em ambientes Limnocrenos como também informações sobre a capacidade de suporte de uma nascente à variação de temperatura e sazonalidade de fluxo.

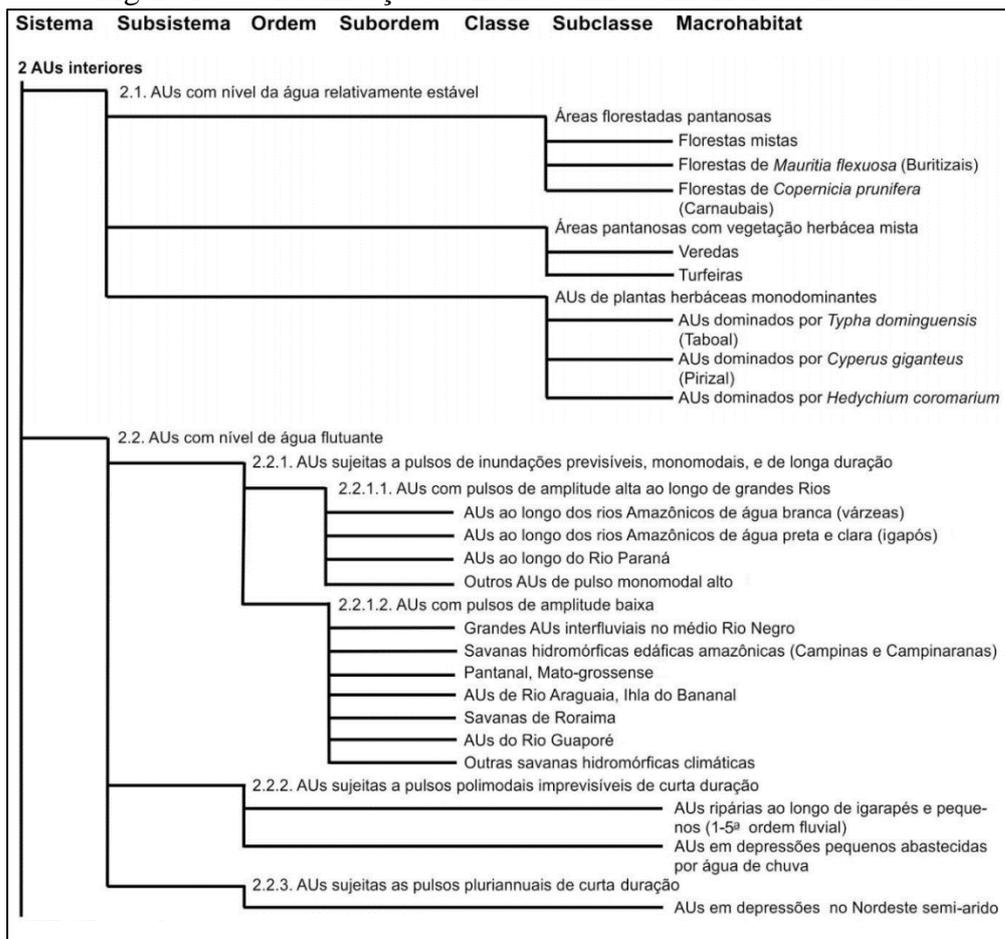
No Brasil, um dos grupos de GDEs com melhor caracterização é o das Áreas Úmidas (AU). A partir Decreto nº 1.905/96, o Brasil se tornou signatário da Convenção RAMSAR, que tem por objetivo proteger as áreas úmidas específicas, assim, o Comitê Nacional das Zonas Úmidas (CNZU) definiu e classificou as áreas úmidas brasileiras em fatores hidrológicos e botânicos (Recomendação CNZU nº07 de 11/06/2015), seguindo orientações de Junk *et al* 2013. As Áreas Úmidas cobrem 20% de todo território brasileiro, e que apesar de ser signatário da Convenção RAMSAR, o país não possui nenhuma legislação regulatória em favor da proteção das áreas úmidas, colocando-as em risco (CUNHA et al, 2015).

Abaixo um recorte da classificação (Figura 15), contendo apenas as Zonas Úmidas interiores naturais, onde muitos dos macrohabitats também podem ser classificados como GDEs de classe II, como as Veredas, os Taboais e os Igapós, no Anexo 2 possui uma lista mais completa de macrohabitats do Pantanal Mato-grossense nas quais alguns não foram adicionadas a recomendação nº7 do CNZU, como os Campos de Murundus.

O próprio conceito de mata ribeirinha, proposto por Rodrigues (2009), em substituição ao conceito de mata ciliar, propõe uma classificação com relação às influências fluviais, muito próximo ao conceito de áreas úmidas e incluso no conceito de GDE. O autor propõe 03 classes de formação ribeirinhas: formação ribeirinha com influência fluvial permanente (apresentam funções e particularidade por estarem permanentemente sobre solo encharcado, ocorrendo em nascentes); formação ribeirinha com influência sazonal (apresentam particularidades por estarem em regiões de contato com a água através de elevação do rio ou de lençol freático); formação ribeirinha sem influência fluvial (não é diretamente influenciada pela água do rio ou do lençol freático) (Figura 16).

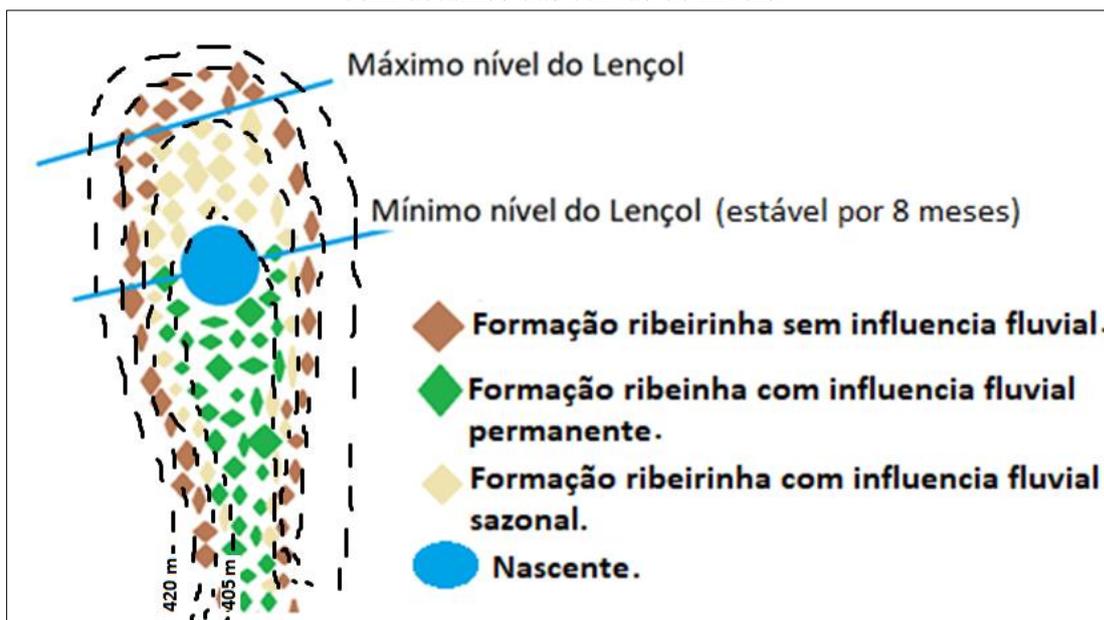
O conceito de GDEs, é expresso tanto pela formação com influência sazonal quanto permanente, que necessitam de contato direto com a água subterrânea, ou elevação do curso hídrico. É importante ressaltar que as águas subterrâneas também participam como fluxo de base na elevação do curso hídrico. Nas formações ribeirinhas sem influência fluvial, é preciso destacar a necessidade de umidade para a interação capilar, e que por vezes pode ser oriunda do aquífero livre.

Figura 15 – Classificação de Zonas Úmidas interiores e naturais.



Fonte: CUNHA *et al*, 2015, modificada.

Figura 16- Modelo conceitual de formações ribeirinhas com influência fluvial, vista superior com detalhes das curvas de níveis.



Fonte: Esquema feito a partir de modelo proposto por Rodrigues (2009).

Além da complexidade botânica associada as Áreas Úmidas, também é possível destacar algumas espécies da avifauna vivendo estritamente em áreas com influência fluvial, como as áreas de várzea. Silva e Vielliard (2009), fizeram um levantamento dessas espécies descritas, a começar por Emilie Sneath em 1912, que descreveu uma nova espécie de pássaro com o nome específico bem sugestivo, *Picumnus varzae*, em função de sua localização restrita a este ambiente; em 1989 foi descrito por Grantsau e Camargo (1989 apud Silva e Vielliard, 2009), uma espécie de papagaio associado a Igapó e várzeas, *Amazona kawalli*; entre outras espécies como *Crypturellus cinereus* descrito por Vielliard in Hardy *et al.* (1993 apud Silva e Vielliard, 2009), *Mesembrinibis cayennensis* por Stotz *et al.* (1996 apud Silva e Vielliard, 2009).

É possível então, a partir das descrições acima, vislumbrar a complexidade de ligações entre as águas subterrâneas e seus ecossistemas dependentes (GDEs), envolvendo flora e fauna específicos deste habitat.

Segundo Springer *et al* (2016), a estabilidade de GDEs depende de atributos adequados de lençol freático. Para Kreamer *et al.* (2014 apud Springer *et al* 2016), identificar esses atributos é essencial, pois pode ajudar a estabelecer metas de gerenciamento de águas subterrâneas e estratégias de monitoramento. Em geral, os seguintes atributos de águas subterrâneas são importantes para os GDEs :

1. Profundidade para as águas subterrâneas, para aquíferos não confinados;
2. Pressão da água subterrânea - carga hidráulica e sua expressão na descarga de águas subterrâneas, para aquíferos confinados;
3. Fluxo de águas subterrâneas - vazão e volume de água subterrânea; direção do fluxo;
4. Qualidade das águas subterrâneas - incluindo a salinidade, acidez e as concentrações de nutrientes e poluentes das águas subterrâneas (CLIFTON e EVANS, 2001 apud SPRINGER *et al*, 2016, p.316, tradução nossa).

Springer *et al* (2016) aplicou esses atributos descritos nas 03 classes de GDEs, e gerou uma lista de quesitos necessários para um bom funcionamento (Quadro 11), a complexidade dos GDEs podem aumentar os quesitos necessários associados a diversos atributos.

Quadro 11 – Importância dos atributos das águas subterrâneas para os GDEs.

Classes	Atributos				
	Profundidade	Pressão	Fluxo	Qualidade	*Temperatura
GDEs de classe I (ex: sistemas de cavernas)	-Fornecer habitat vivo; -Manter estratificação da água subterrânea.		- Fornecer matéria orgânica e oxigênio.	-Manter uma composição química adequada no ambiente vivo.	-Manter temperatura estável para organismos estenotérmicos
GDEs de classe II (ex: zonas húmidas, rios, nascentes.)	-Fornecer umidade ou ambiente inundado; -Impedir a ativação de ácido sulfato no solo; -Manter gradiente hidráulico para descarga de águas subterrâneas.	- Sustentar a descarga de águas subterrâneas para nascentes.	-Sustentar a umidade acima do solo (zonas úmidas); -Sustentar o fluxo de base; -Impedir a intrusão de água salgada (ambiente estuarino / costeiro).	-Manter uma composição química adequada no abastecimento de água e no meio ambiente.	-Manter temperatura estável para organismos estenotérmicos
GDEs de classe III (ex: bosques)	-Água acessível em zonas de raiz. -Evitar o encharcamento.		-Sustentar a taxa de absorção de água.	-Manter adequada a composição química no abastecimento de água.	

*Alteração nossa a partir do conceito de stenotermia de Kleerekoper (1944).

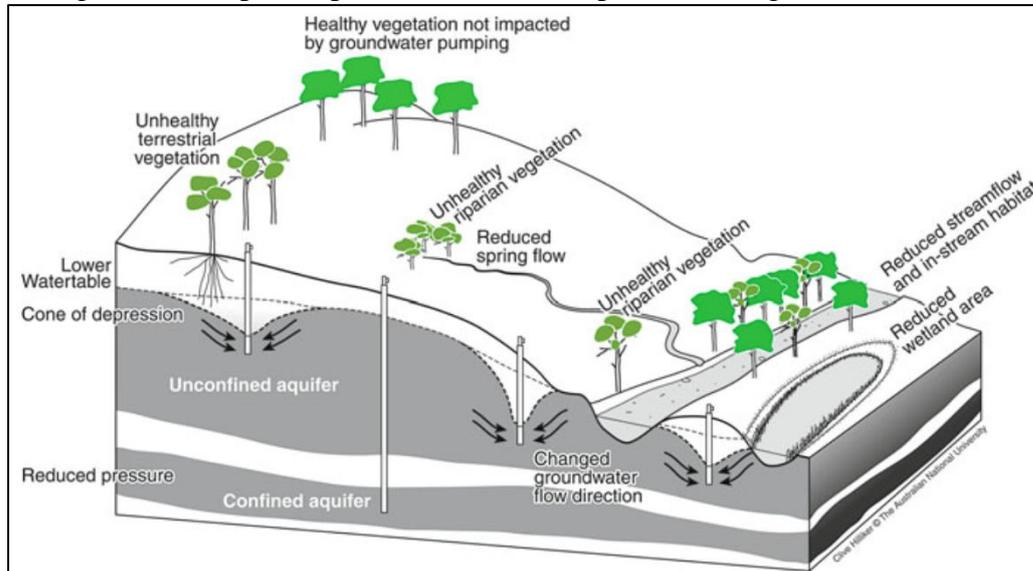
Fonte: Springer et al (2016), adaptado.

Com a expansão agropecuária e urbana, o uso das águas subterrâneas também se intensificou, o que de certa forma impacta os atributos das mesmas e pode afetar os ecossistemas dependentes, Springer *et al*(2016) propõe um diagrama das situações que ameaçam os GDEs a partir da retirada das águas subterrâneas sem o manejo adequado (Figura 17). A partir da extração das águas temos alterações nos atributos, pressão, fluxo e profundidade. Na Figura 17 é possível perceber diversos impactos – na vegetação terrestre e suas absorções capilares, vegetação ribeirinha, redução do fluxo de base dos rios e redução das Áreas Úmidas.

As nascentes sofrem muitos impactos de uma só vez com a redução de fluxo, primeiro por um impacto nas espécies obrigatórias que vivem nas nascentes, posteriormente, dependendo da geologia e morfologia da nascente, ela pode migrar a jusante, como a nascente é uma expressão das águas subterrâneas, as formações ribeirinhas sazonais, não terão acesso às águas, e as formações ribeirinhas com influência fluvial permanente deixarão de ter acesso ao recurso de forma que não supra as necessidades dos requerimentos ambientais necessários de cada espécie. As aves que vivem no local também serão privadas do habitat. O pior pode acontecer se as águas subterrâneas não possuírem expressão suficiente para aflorarem nas nascentes,

acarretando o secamento, o que representa um grande impacto para as espécies que utilizam os recursos hídricos da nascente(hábitat).

Figura 17 – Impactos potenciais aos GDEs pelo uso de águas subterrâneas.



Fonte: Springer et al (2016).

3.1.1 Requerimentos Ambientais Hídricos (RAHs), ou Environmental Water Requirements (EWR), em GDEs.

Os requerimentos ambientais hídricos representam as condições ambientais que suportam a saúde e a capacidade reprodutiva em um nível de risco baixo, minimizando o risco de extinção futura da espécie DOEG *et al*(2012). Cada espécie possui um requerimento adequado a ela.

Para se entender um pouco mais o conceito de requerimento hídricos, é necessário compreender o funcionamento de alguns GDEs. Para facilitar a compreensão, é interessante se apoiar em estudos já feitos.

Nico *et al.*(2010), propõem a partir de um estudo anteriores feito por Brock e Casanova(1997), sobre borda de zona úmida, uma classificação funcional das plantas de áreas úmidas com relação a preferência ao regime de água (Tabela 5). Se relacionarmos a nossa classificação de zonas úmidas com a tabela abaixo, é muito provável, que encontraremos similaridades de grupos funcionais. O Taboal (*Typha spp.*), por exemplo, se encaixa no grupo

funcional emergente, e isso requer uma área permanente saturada. A alteração de regime hídrico pode afetar toda a dinâmica local.

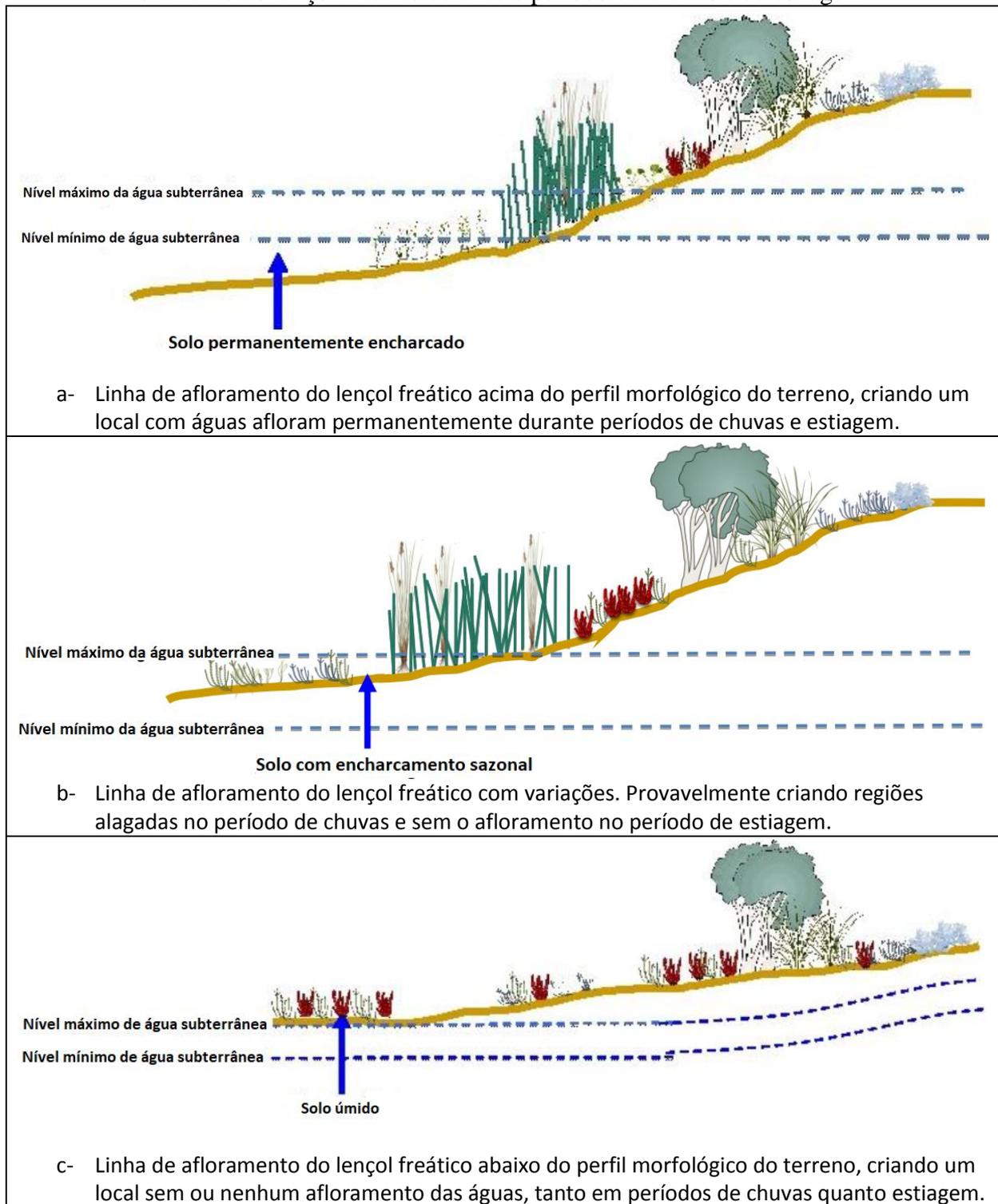
Doeg *et al.* (2012) apresentam algumas ilustrações para facilitar a compreensão de como o nível de água pode afetar a dinâmica das plantas de áreas úmidas e como é a resposta da colonização de uma determinada região ocorre a partir das preferências do regime hídrico (Figura 18), é essa variação que estão sujeitos os ecossistema que habitam as nascentes.

Tabela 5 - Classificação funcional de espécies de plantas com base em preferências de regime de água

Grupo funcional	Abreviação	Preferência pelo regime de água	Exemplos
Anfíbio Flutuante Resposta Flutuante	AFRF	Níveis de água estática ou flutuante, responde a níveis de água flutuantes por ter alguns ou todos os órgãos flutuando na superfície da água. A maioria das espécies requer água permanente para sobreviver.	<i>Azolla spp.</i> , <i>Lemna spp.</i> , <i>Potamogeton tricarlinatus</i>
Anfíbio Flutuante Resposta Plástica	AFRP	Níveis de água flutuantes, as plantas respondem morfológicamente a inundações e secas (ex: aumentando as razões de biomassa acima ou abaixo do solo quando inundadas).	<i>Persicaria lapathifolium</i> , <i>Ludwigia peploides</i> , <i>Rumex bidens</i> , <i>Myriophyllum spp.</i>
Anfíbio Flutuante Tolerante Emergente	AFTE	Níveis flutuantes de água, as plantas não respondem morfológicamente a inundações e secas e toleram a submersão a curto prazo (<2 semanas).	<i>Cyperus gymnocaulos</i> , <i>Juncus usitatus</i> , <i>Juncus aridicola</i> , <i>Cyperus difformis</i> , <i>Cyperus exaltatus</i>
Anfíbio Flutuante Tolerante Baixo crescimento	AFTL	Níveis de água flutuantes, plantas não respondem morfológicamente a inundações e secas e são geralmente pequenas espécies herbáceas	<i>Limosella australis</i> , <i>Crassula helmsii</i> , <i>Cyperus pygmaeus</i>
Anfíbio Flutuante Tolerante Lenhoso	AFTW	Níveis de água flutuantes, plantas não respondem morfológicamente a inundações e secagem e são grandes espécies lenhosas perenes.	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Eucalyptus largiflorens</i> , <i>Acacia stenophylla</i>
Emergente	E	Águas rasas estáticas <1 m ou solo permanentemente saturado.	<i>Typha spp.</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Schoenoplectus validus</i> , <i>Bolboschoenus caldwellii</i>
Submerso K-selecionado	Sk	Água permanente.	<i>Vallisneria americana</i> , <i>Potamogeton crispus</i> , <i>Zanichellia palustris</i>
Submerso r-selecionado	Sr	Terras húmidas temporárias que retêm a água por mais de 4 meses	<i>Ruppia tuberosa</i> , <i>Lepilaena australis</i> , <i>Lamprothamnium macropogon</i>
Dependente de inundação	Fd	Inundação temporária, as plantas germinam em solo recém exposto após a inundação, mas não em resposta à chuva.	<i>Epaltes australis</i> , <i>Centipeda minima</i> , <i>Glinus lotoides</i>
Terrestre Úmido	Tda	Tolerará a inundação por curtos períodos (<2 semanas), mas exigirá alta umidade do solo durante todo o seu ciclo de vida.	<i>Carduus tenuiflorus</i> , <i>Chenopodium murale</i>
Terrestre Seco	Tdr	Não tolerará a inundação e tolerará a baixa umidade do solo por períodos prolongados	<i>Atriplex vesicaria</i> , <i>Rhagodia spinescens</i> , <i>Enchylaena tomentosa</i>
Tolerante a sal	Sat	A preferência pelo regime de água pode variar de água rasa permanente para secar 90% do tempo, mas todas as espécies são tolerantes à alta salinidade do solo ou da água.	<i>Halosarcia pergranulata</i> , <i>Pachycornia triandra</i> , <i>Sclerolaena brachyptera</i>

Fonte: Brock e Casanova (1997) e Nicol *et al* (2010, tradução nossa)

Figura 18 – Diferentes perfis morfológicos de terreno comparado com as linhas de afloramento do lençol freático durante o período de chuvas e de estiagem.



Fonte: Doeg *et al.*(2012), adaptação nossa.

Doeg et al (2012), estabeleceu três requerimentos crítico para o caso estudado:

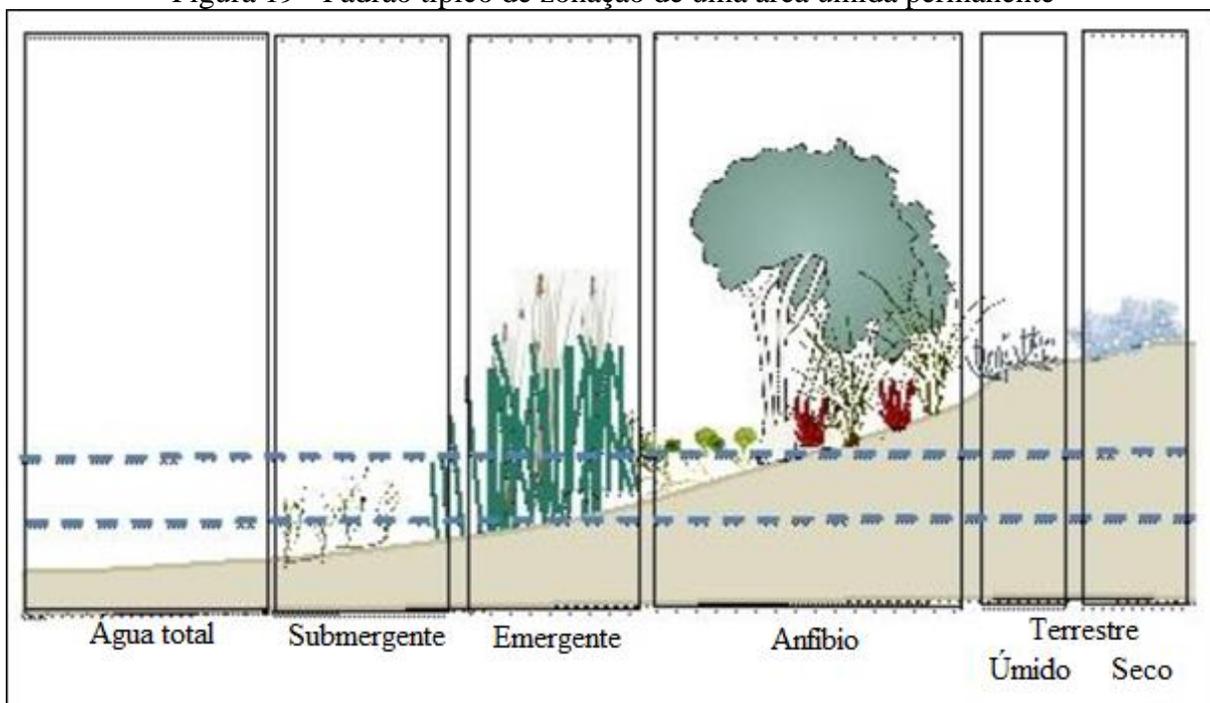
- a diferença entre os níveis mínimo e máximo da água.

- a frequência e a duração que a superfície da água intercepta a superfície da área úmida (qual é a regularidade as águas superficiais),
- a química da água (particularmente a salinidade).

Na Figura 19 temos um padrão típico de áreas úmidas permanente, cada grupo funcional possuem um requerimento necessário de umidade e ocupa uma determinada área propícia às suas necessidades.

Esse requerimento de cada espécie constrói um ecossistema condizente com o tipo de umidade encontrado em uma determinada área.

Figura 19 - Padrão típico de zonação de uma área úmida permanente



Fonte: Doeg *et al.*,(2012)

Os conceitos dos requerimentos hídricos para nascentes e áreas úmidas (wetlands) podem ser sobrepostos. Uma nascente que possui a descarga do tipo helocreno possui requerimentos muito parecidos com uma área úmida, já uma nascente também pode ser uma área úmida. No conceito de mata ribeirinha também está implícito a ideia dos requerimentos derivando de suas influências fluviais diversos.

As nascentes também possuem requerimentos de disponibilidade hídrica adequada. Para dar suporte aos ecossistemas que são dependentes da disponibilidade hídrica, é necessário que

o nível d'água esteja sempre disponível ao ponto de afloramento, comportando como uma nascente perene (DOEG et al, 2012).

Esse estudo objetiva entender melhor o comportamento dos ecossistemas dependentes a partir de investigações em nascentes, já que podemos encontrar essas peculiaridade e microclimas nas nascentes estudadas.

Sendo assim, as perguntas que norteiam este trabalho são:

- Considerando uma nascente, quais espécies dependem das águas subterrâneas?
- É possível distinguir entre uma nascente perene e uma nascente intermitente a partir das espécies dependentes?
- Considerando as espécies dependentes encontradas, quais nascentes possuem um histórico de conservação maior?
- Considerando as espécies dependentes é possível identificar as nascentes que correm maiores riscos de degradação?

3.2 Materiais e Métodos

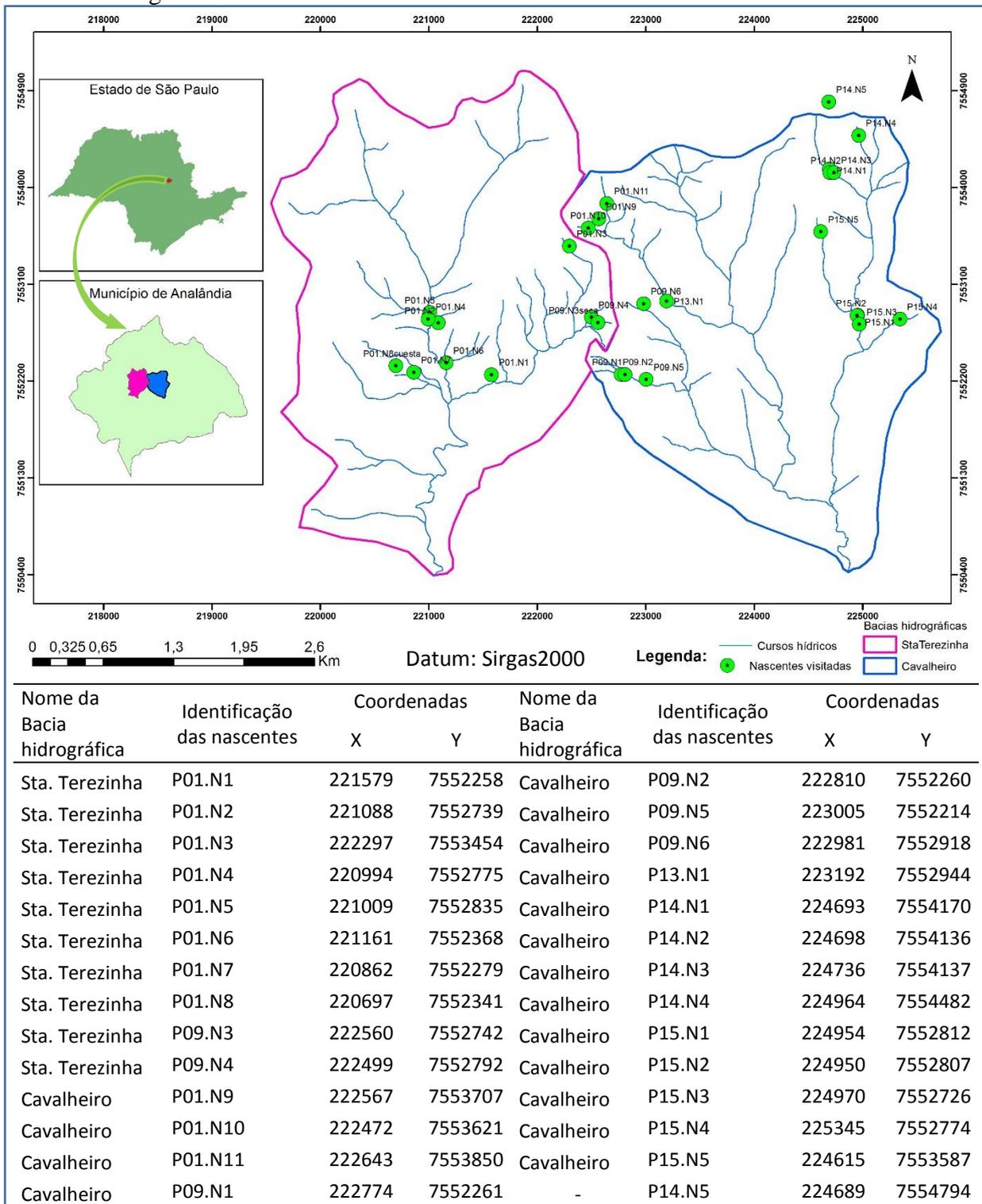
3.2.1 Área de estudo

A área de estudo está situada no município de Analândia, mais precisamente dentro das bacias hidrográficas dos córregos Santa Terezinha e Cavalheiro.

Ao todo foram estudadas 28 nascentes (Figura 20 – Nascentes visitadas nas bacias Sta. Terezinha e Cavalheiro.Figura 20Figura 7). As nascentes foram denominadas a partir da propriedade e da ordem de visita à nascente, ex: P15.N5, significa propriedade quinze e nascente cinco.

As informações específicas das propriedades não são disponibilizadas neste trabalho por questão de confidencialidade.

Figura 20 – Nascentes visitadas nas bacias Sta. Terezinha e Cavalheiro.



Fonte: Autor

3.2.2 Metodologia

Foram feitas duas campanhas de campo, na primeira (10 a 16/02/2019) foram coletadas informações de quinze (15) nascentes, na segunda campanha (28/10 a 02/09/2019) foram monitoradas as quinze nascentes anteriores somada a mais treze (13) novas nascentes.

Para cada nascente foram coletadas em um questionário, as informações pertinentes a questão dos Ecossistemas Dependentes de Água subterrânea (GDEs).

A identificação de Espécies dependentes das águas subterrâneas está circunscrita às nascentes. Após a identificação das nascentes, houve o cuidado de se identificarem possíveis comunidades dependentes das águas (flora e fauna).

A identificação de possíveis espécies se deu a partir da pesquisa bibliográfica e observação *in loco*. O reconhecimento e definição das espécies encontradas, além de pesquisas bibliográficas contou com a colaboração de alguns especialistas.

A pesquisa bibliográfica forneceu subsídios para se conhecer as espécies que poderiam ocorrer como parte dos GEDs, e a observação *in loco* facilitou a identificação de espécies próximas à nascente. Uma espécie dominante, que se encontrava somente em áreas encharcadas, indica que a espécie é dependente das águas subterrâneas. Nesse tipo de análise visual, é mais fácil identificar espécies que possuem predileção por áreas encharcadas e espécies dominantes.

É preciso considerar que as espécies vegetais que fazem parte dos GDEs, as vezes possuem características morfológicas que nos indicam essa dependência, por exemplo as raízes curtas ou ausência das mesmas, isso indica diretamente uma dependência por ambientes úmidos.

Para facilitar a pesquisa em campo, foi proposto protocolo baseado nas informações propagadas pela AGENCIA USDA (2012). Neste protocolo (parte do Apêndice B) coletamos informações pertinentes a:

- Tipo geomorfológico de descarga (segundo Springer e Stevens , 2008);

Para esta classificação foi feita a visita e a comparação com os tipos apresentados na literatura.

- Formas de afloramento (pontual ou difusa);

As formas de afloramento foram feitas baseadas na observação *in loco*.

- Tipo de vegetação ao entorno (ausente, mata, capoeira, cerrado, cultivo e pastagem);
Essa classificação foi feita a partir da observação *in loco*.
- Vegetação dominante (árvores, arbusto, herbácea e sem tipo);
Essa classificação foi feita a partir da observação *in loco*.
- Presença de Briófitas (Classificado quanto a abundância visualmente);
- Classificação visual de tipos dominantes quanto ao porte e tipo:
 - Árvores;
 - Arbustos e subarbustos;
 - Herbáceas;
 - Briófitas;
 - Plantas aquáticas;
- Espécies desconhecidas;
- Parâmetros físicos e químicos (Vazão, pH, Condutividade, Turbidez, Oxigênio dissolvido e salinidade). (Vazão amostrada em béquer, quando possível, e parâmetros físicos coletados com sonda multiparamétrica da marca Horiba.
- Coletas de dados de fauna quando era provável a dependência: A primeira coleta de dados foi relacionada ao crustáceo, houve esforço amostral na nascente e no curso hídrico ao lado por cerca de 1 hora em uma única vez, sem sucesso.
- Foi amostrado o número de espécies de aves em cerca de 04 nascentes, a amostragem foi realizada por 03 esforços amostrais de 05 minutos em cada nascente. Um especialista em aves foi convidado e a amostragem foi feita a partir da vocalização e observação dos indivíduos que ocorreram naturalmente no local.

Houve coletas de solo com a finalidade de correlacionar com o mapeamento geológico existente, foram retiradas diversas amostras por gradagem, quando possível. Algumas amostras foram retiradas do talude da nascente, com o intuito de verificar a diferença de material quanto a permeabilidade; diversas vezes a amostragem de solo era impossível de ser realizada por ausência de solo, com as nascentes aflorando diretamente no substrato rochoso, restando assim a amostragem a montante do ponto de afloramento.

A identificação das espécies vegetais ocorreu pela literatura e ajuda de profissionais especializados. A identificação das espécies *Equisetum giganteum*, *Euterpe edulis*, *Hedychium coronarium*, *Taluma ovata* e *Lycopodiella* sp., ocorreu pela literatura, e a identificação das

espécies *Baccharis myriocephala* e *Cyathea delgadoi*, ocorreram por ajudas de especialistas, Dr. Gustavo Heidem e Dra. Regina Hirai, respectivamente. A identificação de espécies da fauna se deu por especialistas, *Trichodactylus* sp., através da ajuda do Dr. Fernando Mantelatto, e as aves através da ajuda do Doutorando Augusto Batisteli, exceto a *Aramides saracura*, que a identificação foi feita a partir da literatura e comparação com foto tirada em campo.

A partir das informações coletadas em campo, os resultados foram interpolados para construir mapas e facilitar a visualização e a extrapolação da ocorrência. O método escolhido para interpolar, que foi mais fiel as informações escolhidas disponíveis, foi o método do Inverso Ponderado da distância (IDW), o processo da interpolação foi executado pelo Software QGIS.

O método do Inverso Ponderado da Distância, na qual os pontos amostrados, de localização próxima ao nó a ser estimado recebem peso maior que os pontos amostrados de localizações mais distantes, atribuindo um peso proporcional à contribuição de cada ponto vizinho, exatamente no ponto amostrado, os pontos vizinhos recebem um peso igual a 0 (LANDIM, 2000).

3.3 Resultados e Discussão

Entre as informações coletadas estão o tipo de descarga, a vazão no período de chuvas e da seca (quando possível), área brejosa, espécies dominantes no local e quantidade de briófitas.

No Quadro 12 há uma compilação de parte das informações levantadas, pertinentes a compreensão dos GDEs. Outras informações pertinentes coletadas estarão distribuídas ao longo do texto.

Quadro 12 – Ecossistemas dependentes das águas subterrâneas

Nascente	Tipo de descarga	Vazão nas estações (L/s)		Área brejosa	GDEs			
		Chuvosa	Seca		Nome popular	Nome científico	Briófitas	
P.1	N1	Helocreno.	-	-	X	-Jussara	- <i>Euterpe edulis</i>	Pouco
	N2	Helocreno.	2	1,4	X	-	-	Nenhuma
	N3	Reocreno	-	-		-	-	Pouco
	N4	Helocreno	-	-	X	-Lírio do brejo	- <i>H. coronarium</i>	Nenhuma
	N5	Helocreno	-	0,069	X	-Lírio do brejo	- <i>H. coronarium</i>	Nenhuma
	N6	Reocreno	-			-	-	Nenhuma
	N7	Helocreno	-	-	X	-Jussara -Pinha do brejo -Lírio do brejo	- <i>Euterpe edulis</i> - <i>Taluma ovata</i> - <i>Hedychium coronarium</i>	Pouco
	N8	Encosta	-	-	-	-Jussara	- <i>Euterpe edulis</i>	Médio

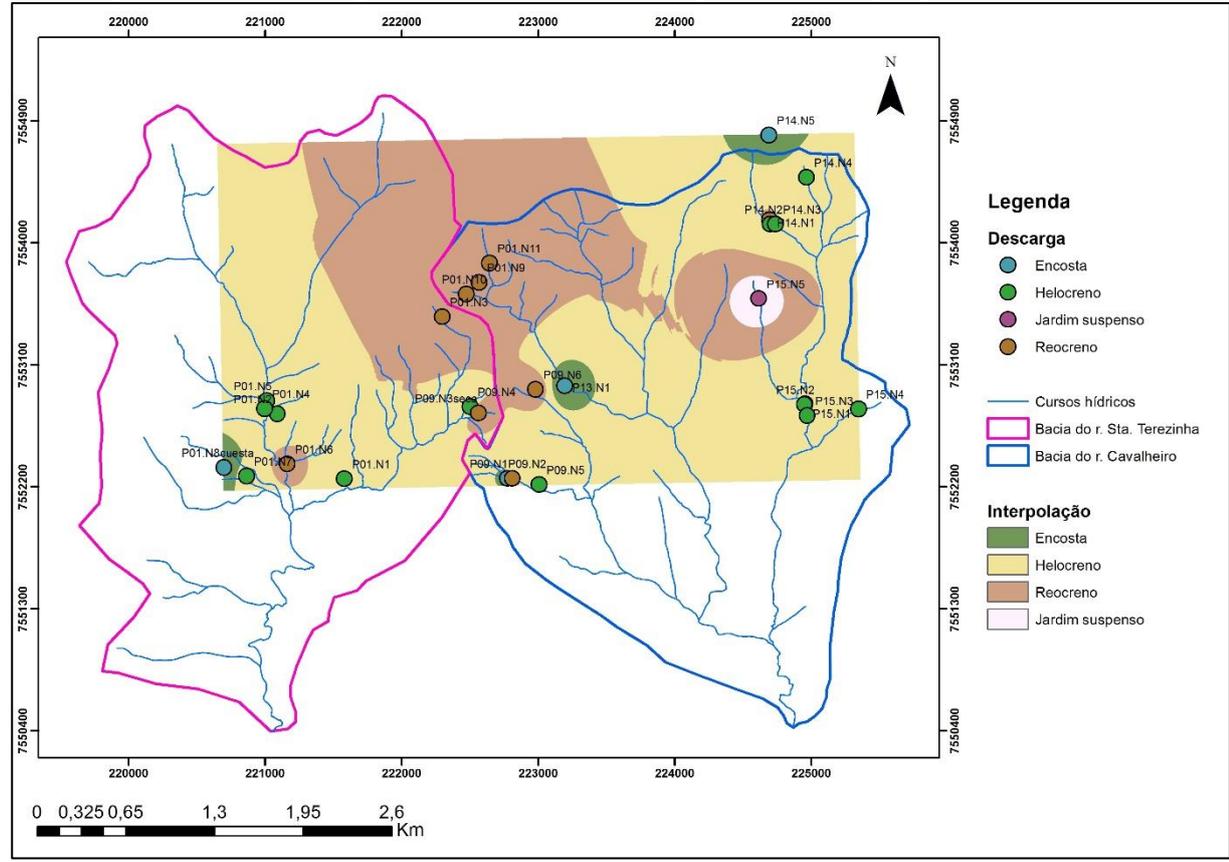
Nascente	Tipo de descarga	Vazão nas estações (L/s)		Área brejosa	GDEs			
		Chuvosa	Seca		Nome popular	Nome científico	Briófitas	
P.9	N9	Reocreno	-	-	-	-Samambaiçu	- <i>Cyathea delgadoi</i>	Pouco
	N10	Reocreno		0,14	-	-Samambaiçu -Carqueja -Lycopodium	- <i>Cyathea delgadoi</i> - <i>B. myriocephala</i> - <i>Lycopodiella</i> sp.	Pouco
	N11	Reocreno		0,05	-	-Samambaiçu -Carqueja	- <i>Cyathea delgadoi</i> - <i>Baccharis myriocephala</i>	Pouco
P.9	N1	Encosta	-	-	-	-Carqueja -Lycopodium	- <i>Baccharis myriocephala</i> - <i>Lycopodiella</i> sp.	Pouco
	N2	Reocreno	0,063	0,071	-	-	-	Médio
	N3	Reocreno	-	-	-	-	-	Nenhuma
	N4	Helocreno	0,083	0,060	X	-Cavalinha -Taboa -Carqueja -Lycopodium	- <i>Equisetum</i> sp. - <i>Typha dominguesis</i> . - <i>Baccharis myriocephala</i> - <i>Lycopodiella</i> sp.	Pouco
	N5	Helocreno	-	-	x	-Lírio do brejo	- <i>Hedychium coronarium</i>	Nenhuma
	N6	Reocreno	-	0,010	-	-Lírio do brejo	- <i>Hedychium coronarium</i>	Nenhuma
P.13	N1	Encosta	0,50	0,65	-	-Caranguejo -Lírio do brejo -Jussara	- <i>Trichodactylus</i> sp. - <i>H. coronarium</i> - <i>Euterpe edulis</i>	
P.14	N1	Reocreno	-	-	-	-Jussara	- <i>Euterpe edulis</i>	Pouco
	N2	Helocreno	-	-	x		ssp.	Pouco
	N3	Helocreno	-	-	x		ssp.	Nenhuma
	N4	Helocreno			X	-Samambaiçu	- <i>Cyathea delgadoi</i>	Médio
	N5	Encosta	-	-		-Samambaiçu -Lírio do brejo	- <i>Cyathea delgadoi</i> - <i>H. coronarium</i>	Pouco
P.15	N1	Helocreno			X	-Lírio do brejo -Jussara	- <i>H. coronarium</i> - <i>Euterpe edulis</i>	Nenhuma
	N2	Helocreno	2	0,009	X	-Lírio do brejo -Jussara	- <i>H. coronarium</i> - <i>Euterpe edulis</i>	Pouco
	N3	Helocreno			X	-Lírio do brejo -Jussara -Saracura	- <i>H. coronarium</i> - <i>Euterpe edulis</i> <i>Aramides saracura</i>	Nenhuma
	N4	Helocreno				-Jussara -Lírio do brejo -Samambaiçu Espécies paludosas não identificadas.	- <i>Euterpe edulis</i> - <i>H. coronarium</i> - <i>Cyathea delgadoi</i>	Nenhuma
	N5	Jardim suspenso				-Jussara	<i>Euterpe edulis</i>	Abundante

Fonte: Autor

Das 28 nascentes visitadas, uma (01) é do tipo Jardim Suspenso, quatro (04) Encosta, nove (09) Reocreno e quatorze (14) do tipo Helocreno. Como era esperado, as nascentes próximas ao interflúvio foram categorizadas como do tipo Reocreno, enquanto as mais próximas da planície são do tipo Helocreno, já as nascentes do tipo Encostas e Jardins Suspensos estão associados às Cuestas (Figura 21).

A partir da classificação da descarga, temos uma ideia da morfologia da nascente. Nas nascentes Helocrenos as águas são mais lentas, são nascentes mais próximas aos cursos hídricos e são as últimas a secarem e possuem ampla área vadosa. As nascentes Reocrenos são as primeiras a secar, já que possuem um fluxo local de água subterrânea, e possuem pouca área vadosa. As nascentes de Encosta podem variar o fluxo, porem são constituídas por fluxos intermediários. O único caso de nascente do tipo Jardim Suspenso que temos possui uma vazão muito baixa e amplamente difusa, ocorrendo nos fronts das Cuestas.

Figura 21- Análise espacial da ocorrência dos tipos de descargas pelo método IDW



Fonte: Autor

A partir da classificação da descarga, é possível concluir que é mais fácil identificar GDEs nas nascentes Helocrenos, pela perenidade das águas subterrâneas aflorantes como pelo requerimento hídricos das espécies.

A identificação de espécies dependentes das águas subterrâneas pode nos fornecer algumas informações importantes:

Primeiro é a própria existência de espécies dependentes das águas subterrâneas, essa dependência expõe a fragilidade desses ecossistemas, como pode nos ajudar a compreender formas de aprimorar a conservação e preservação.

Segundo, é a própria informação que está implícita na existência destes ecossistemas, que é a intermitência dos afloramentos, que pode ser baixa ou alta. Cada resposta comporá um tipo de ecossistema associados aos requerimentos hídricos de cada comunidade. Tendo assim ecossistemas associados a baixa intermitência, associados a uma vazão contínua e ecossistemas associados a uma alta intermitência, com períodos de menor vazão e até estiagem por curtos períodos.

A partir dos estudos das nascentes foi possível identificar espécies que ocorrem em cada nascente e que possuem dependência das águas subterrâneas (GDEs).

3.3.1 Nascentes P13.N1 e caranguejos (*Trichodactylus*)

Dentre as nascentes visitadas, podemos destacar a nascente P13.N1. Esta nascente tem uma formação especial, aflora próximo aos fronts da cuesta, e abaixo de rochas basálticas, próximo a esta nascente existe um curso hídrico de pequena vazão. Nesta nascente foi encontrado uma espécie de caranguejo de água doce do gênero *Trichodactylus* (Figura 22a).

Além dos nichos propiciados pelos fragmentos de rochas entremeadas por raízes protegerem os caranguejos (Figura 22b), as águas das nascentes têm um papel crucial para garantir a existência destes indivíduos.

Assim as águas fornecem oxigênio, condição de poucas flutuações termais, e acesso a nutrientes para o desenvolvimento dos indivíduos. A determinação da espécie do caranguejo ainda está sendo pesquisada, porém o fato de maior importância neste trabalho é que esta população depende estritamente das águas subterrâneas, e essa dependência nos induz a concluir que esta nascente possui poucos eventos de seca, já que para estes crustáceos uma seca muito curta (1 dia sem afloramento das águas) representaria extinção desta população. Vale ressaltar que esta espécie de caranguejo foi registrada apenas na nascente; no curso hídrico adjacente, foi feito uma busca e não foi encontrado nenhum indivíduo. Nessa mesma nascente, três metros abaixo, foi encontrado lírio do brejo (*Hedychium coronarium*), uma espécie exótica invasora que tem uma relação de sobrevivência com ambientes úmidos (Pedralli, 2003 e Junk

et al 2013), porém mais tolerante ao stress hídrico, e no local ocupava as margens do pequeno curso hídrico a jusante da nascente e em locais lodaçais (Figura 22c).

Nos arredores do local de surgência da mesma nascente, também foram observadas muitas rochas com musgos e possíveis algas, indicando uma alta umidade no ambiente, capaz de propiciar um microclima perfeito para reprodução tanto do musgo como da alga.

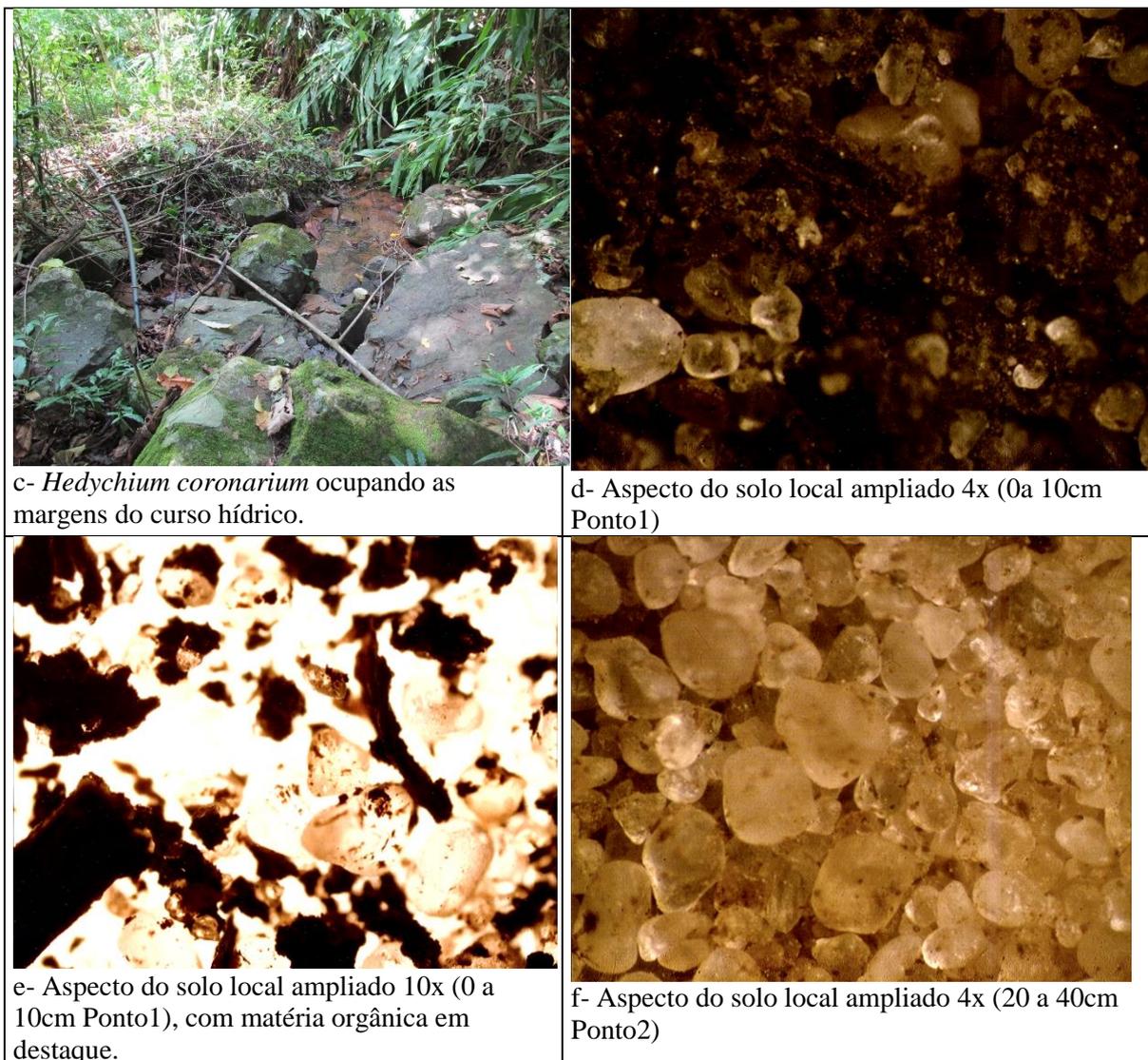
Além da nascente ocorrer em um ambiente de cuevas, com muitos fragmentos de basalto, a região jusante e próxima da nascente possui um solo muito raso, cerca de 30cm, logo abaixo temos uma camada de basalto intransponível com a tradagem. O solo possui um aspecto areno-argiloso ao tato (Figura 22d).

Na nascente em questão foram medidos os parâmetros físico-químicos e vazão durante o período chuvoso e de estiagem (Tabela 6). Dentre os parâmetros encontrados, a vazão da nascente representa um valor expressivo que atende como pré-requisito para sustentar o ecossistema dependente; esperava-se encontrar valores de condutividade maiores, já que é necessária concentração de cálcio elevadas para formação do exoesqueleto dos crustáceos, sendo assim é necessária uma avaliação mais específica quanto aos componentes químicos da água.

Os valores de pH, condutividade sofreram acréscimos durante a estiagem. A água passou de levemente ácida para uma água levemente alcalina, e a condutividade sofreu acréscimo de 44%. A vazão, Oxigênio dissolvido e salinidade não sofreram alterações.

Figura 22 – Nascente P13.N1 e suas características.





Fonte: Autor

Outro fato que merece destaque é quanto a vazão da nascente, com um volume maior durante o período de seca, mas muito próximo do volume aflorado no período chuvoso (Tabela 6).

Tabela 6 – Parâmetros físico-químicos e vazão da nascente P13.N1

Parâmetros	Valores por período	
	Chuvoso	Seco
pH	6,45	7,92
Condutividade (mS/cm)	0,018	0,026
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,40	5,36
Turbidez (unt)	0	-
Temperatura °C	21,2	20,5
Salinidade	0	0
Vazão (L/s)	0,5	0,65

Fonte: Autor.

3.3.2 Nascentes P9.N1 e N4, P1.N10 e N11, *Typha dominguensis*, *Lycopodiella* sp., *Baccharis myriocephala*, e *Equisetum giganteum*

Outra nascente que podemos destacar é a nascente P9.N4 (Figura 23), esta nascente está próxima de outras três (03) nascentes, que por sua vez estão muito próximas do divisor de água entre duas bacias hidrográficas. Se porventura surgisse a pergunta – “Qual entre as quatro nascentes está menos propensa ao secamento? ”, as evidências que fornecem as respostas também estão atreladas aos GDEs. No local da nascente encontramos uma espécie que é tratada pela literatura como espécie típica invasora de locais úmidos, a *Typha dominguensis* (Figura 23b), conhecida popularmente como Taboa. Dentre todas categorizações e pesquisas já praticadas sobre esta espécie, a sua categorização como espécie emergente é a que mais nos interessa no momento (Brock e Casanova, 1997; Pedralli, 2003; e Nicol et al, 2010). Essa categorização nos permite concluir que se uma determinada nascente produzisse água de forma intermitente, provavelmente não seria adequada para esta espécie em questão, portanto, esta espécie neste caso, associada a uma nascente Helocreno (wetland) , é um GDE, e nos fornece a informação que esta nascente tem poucos períodos de secas, suprimindo os requisitos ambientais hídricos que a espécie exige.

Outra espécie encontrada na mesma nascente é o *Equisetum giganteum* (Figura 23c), popularmente conhecida como cavalinha, uma espécie nativa de áreas pantanosas de todo o Brasil (LORENZI, 2002a).

Segundo Husby (2013) as espécies de *Equisetum* crescem em locais úmidos onde há disponibilidade de lençol freático suficiente, tendo como característica universal do gênero a sua capacidade de utilizar a água subterrânea; água subterrânea associado a poucos competidores são requisitos para um habitat adequado para o gênero, por isso o *Equisetum* aparece muitas vezes associados a solos pobres aluviais.

Epstein (1999, apud Husby 2013) demonstrou que a cavalinha exige a sílica como nutriente mineral essencial, diferente de outras plantas terrestres.

Nesse sentido o *Equisetum giganteum* nos indica naquela nascente (P9.N4), com clareza, a existência do lençol freático local constante, além disso um solo pobre e com muita sílica (Figura 24), o que se confirmou nas visitas aos locais e no tipo de formação geológica, já consolidada pela literatura (formação Botucatu).

Assim como a taboa, a cavalinha ocorrendo nesta nascente sugere um ecossistema dependente das águas subterrâneas.

Figura 23 – Nascente P9.N4 e suas características.



a- Vista da nascente (wetland).

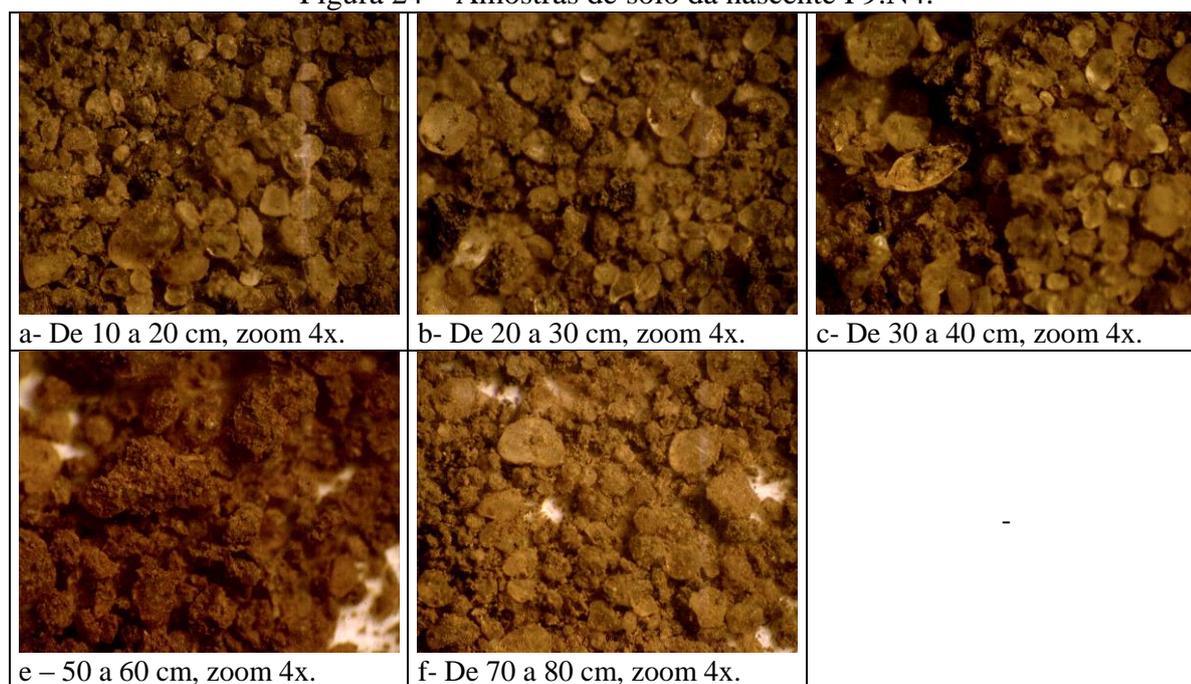
b- *Typha dominguensis*

c- *Equisetum giganteum* ao fundo *Baccharis myriocephala* em destaque.

d- Ponto de extravasamento da nascente (wetland).

Fonte: Autor.

Figura 24 – Amostras de solo da nascente P9.N4.



Fonte: Autor.

Os parâmetros físico-químicos da água na nascente foram analisados, verificando-se um pH levemente ácido e uma condutividade alta, mais alta que as 03 nascentes mais próximas, o que deve indicar uma relação com os ácidos exsudados pelas raízes das plantas pertencentes a área úmida local.

Tabela 7 – Parâmetros físico-químico e vazão da nascente P09.N4

Parâmetros	Valores por período	
	Chuvoso	Seca
pH	6,19	7,05
Condutividade (mS/cm)	0,054	0,092
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	4,30	4,98
Turbidez (unt)	0	-
Temperatura °C	23,2	18,6
Salinidade	0	0
Vazão (L/s)	0,083	0,060

Fonte: Autor.

Provavelmente estas espécies (*Equisetum giganteum* e *Typha dominguensis*) não se associariam a uma nascente Reocreno, já que o ambiente adequado para estas espécies se estabelecerem é necessário um solo estável para suporte, e a nascente Reocreno está associada a um tipo de solo com maior mobilidade devido a inclinação do terreno ou solo rochoso. É

preciso frisar que estas duas espécies podem ocorrer em outros lugares, como por exemplos reservatórios artificiais, porém, quando associados a nascentes, é factual a dependência das águas subterrâneas, funcionando também como indicador de baixa propensão ao secamento, e com intermitências que possibilitem a existências das espécies emergentes.

Outra espécie encontrada na mesma nascente P9.N4 e na nascente P9.01, é a *Baccharis myriocephala*, conhecida popularmente como carqueja (Figura 23c), esta espécie muito difundida na medicina popular é descrita por Lorenzi (2002a).

Ocorre naturalmente em campos e beiras de estradas (*B. trimera*) e terrenos úmidos e banhados (*B. articulata*), até 2.800 m de altitude (CORREA JUNIOR, MING e SHEFFER, 1994)

B. myriocephala ocorre em áreas úmidas como bordas de mata ou margens de rios, em áreas ruderais e locais antropizados (HEIDEN, IGANCI e MACIAS, 2009)

A partir de um estudo das fenofases, Sousa (2014) concluiu que a espécie aproveita o período seco para dispersão das sementes anemocóricas e o período úmido para a germinação, estabelecimento e crescimento das plântulas em ambientes naturais.

É por esta associação com lugares úmidos, próximo a cursos hídricos, e em regiões que interceptam o nível d'água em algum momento e com raízes curtas, que esta espécie pode ser classificada como uma espécie dependente de áreas úmida. É preciso salientar que as ocorrências dos indivíduos da espécie estavam circunscritos às nascentes e seus breves entornos, não ocorrendo em outros pontos que não houvesse humidade acessível. Na nascente P9.N4 a espécie se encontra em barranco próximo ao ponto de confluência da nascente, já na nascente P9.N1 a espécie se encontra no talude de uma voçoroca, próximo à linha de afloramento da nascente, no momento visitado a espécie se encontrava a 20cm acima da linha de afloramento (Figura 25f), próximo ao exemplar também foram encontrados indivíduos do gênero *Lycopodium*, gênero este no qual as espécies que só se reproduzem em contato com água.

Figura 25 – Nascente P9.N1 e suas características.



a- Vista da jusante da nascente, com detalhe para localização da nascente, próximo a moita de bambu, curso hídrico não aparente resultado do assoreamento.



b- Água aflorando próximo a linha de seixos

c- Água acumulando abaixo da linha de seixo em maior quantidade.



d- Outro ponto de afloramento



e- Detalhe para a constituição do solo, que aparentemente é formado por arenitos de coloração marrom (acima), e coloração vermelha (abaixo).



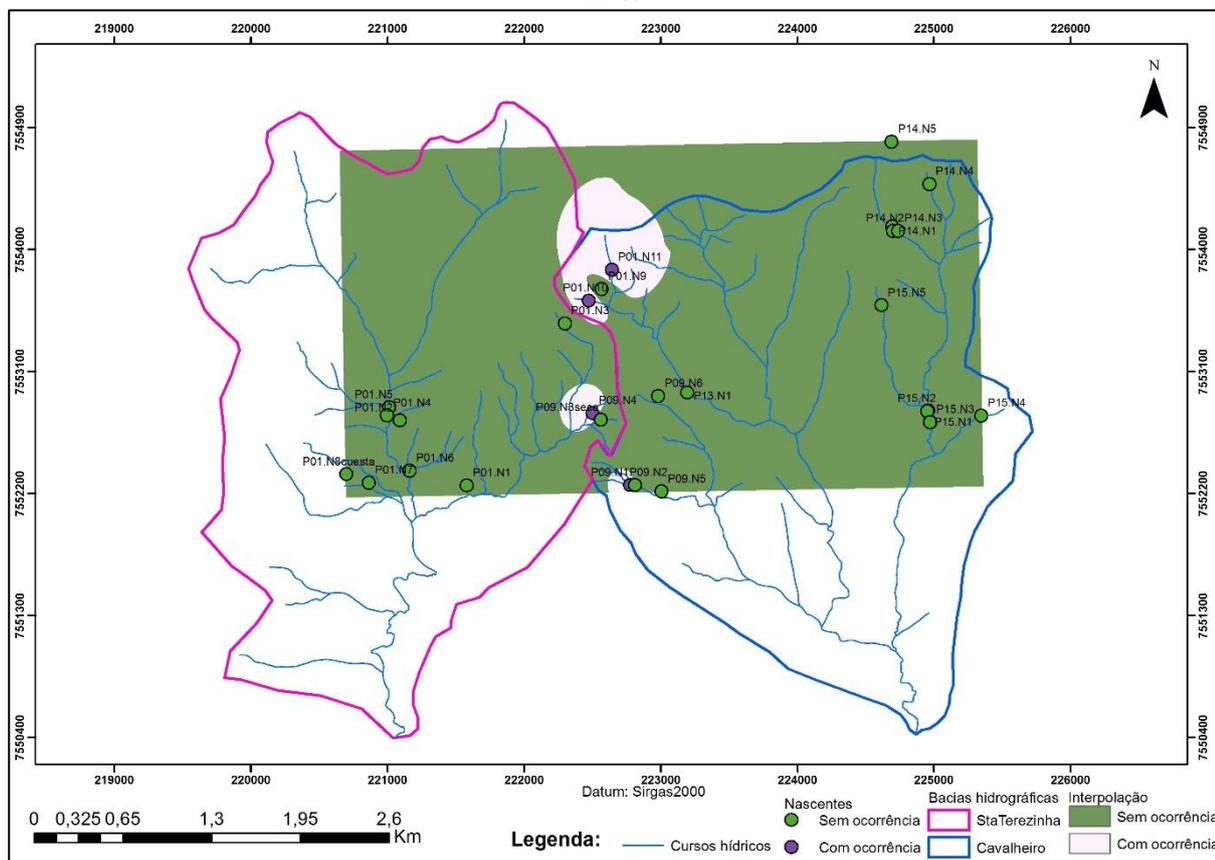
f- Vegetação local, característica carqueja (*B. myriocephala*) e licopodium (*L. clavatum*) e linha aflorante

Fonte: Autor

A ocorrência da espécie *B. myriocephala* nas nascentes estudadas no geral estão associadas a nascentes próximo ao interflúvio (Figura 26), em regiões com os solos mais arenosos e em barrancos laterais juntos da nascente. A associação da espécie com os barrancos laterais pode ser explicada pela morfologia das raízes da espécie, que são curtas, sendo assim é mais fácil obter água de um barranco, que funciona como interceptação das águas subterrâneas do que colonizar o topo do talude, onde a água disponível é em menor quantidade.

Ao total foram encontradas ocorrências da espécie *B. myriocephala* em quatro nascentes, sendo três com alta degradação, Encosta (P9.N1), Helocreno (P9.N4), Reocreno (P1.N11), e uma de pouca degradação, Reocreno (P1.N10).

Figura 26- Análise espacial da ocorrência da espécie *Baccharis myriocephala* pelo método IDW



Fonte: Autor

Análises físico-químicas da água da nascente P9.N1 indicou um pH neutro na estação chuvosa e levemente alcalino na estação seca, com baixíssima condutividade elétrica na estação chuvosa (Tabela 8), comparando com a nascente P9.N4, temos uma variação expressiva na condutividade, e pequena variação no pH.

Tabela 8 – Parâmetros físico-químicos da nascente P09.N1

Parâmetros	Valores por período	
	Chuvoso	Seca
pH	7,04	7,76
Condutividade (mS/cm)	0,005	0,023
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,12	5,01
Turbidez (unt)	11	-
Temperatura °C	22,5	19,6
Salinidade	0	0

Fonte: Autor.

Tannus (2007), em um levantamento sobre o campo úmido na Estação Ecológica de Itirapina (aproximadamente 19km das nascentes amostradas), encontrou duas espécies do gênero *Baccharis*- *B.trimera*, classificada como Hemicriptófita (estruturas perenes presas à superfície do solo), ocorrendo em ambientes úmidos a saturados; e a espécie *B. vismioides*, com forma de vida classificada como fanerófita (com estruturas perenes expostas ao ar), ocupando ambientes saturados; também foram encontradas duas espécies do gênero *Lycopodiella* – *L.a alopecuroides* e *L. cernua*, ambas hemicriptófitas e com ocorrência em ambientes úmidos à saturados.

Ao levantar uma listagem em 16 trabalhos referentes a campos úmidos em todo o Brasil, 1.337 espécies herbáceas e subarbustivas foram arroladas, dentre as espécies, sete pertenciam ao gênero *Baccharis*, sendo a *B. trimera* de maior ocorrência (06), este mesmo trabalho também encontrou duas ocorrências da espécie *Equisetum giganteum*, duas espécies do gênero *Typha*, com uma ocorrência cada e quatro espécies do gênero *Lycopodiella*, com duas espécies em nove ocorrências, e que apesar do baixo número de espécies (02) possuem ampla distribuição (TANNUS, 2007).

Estas informações ratificam a presença da espécie *B. myriocephala* e o gênero *Lycopodiella* na região bem como a ocorrência da espécie *Equisetum giganteum* nos campos úmidos.

3.3.3 Nascentes P1.N1, N7, N8; P13.N1;P14.N1, e P15.N1,N2,N3, N4, N5, e as espécies *Euterpe edulis* e *Taluma ovata*.

Com relação as espécies arbustivas, a Jussara (*Euterpe edulis*) estava presente em dez nascentes (Figura 27), (P1.N1, N7, N8; P13.N1; P14.N1, e P15.N1, N2, N3, N4 e N5), destas, 60 % eram de Helocreno, 20% do tipo Encosta, 10% Jardim suspenso e 10% do tipo Reocreno (Tabela 9).

Se classificarmos as nascentes a partir da preservação do seu entorno e do tipo de descarga, concluiremos que no universo amostral a maior concentração da espécie *E. edulis* está em nascentes preservadas (60%), já que a espécie tem histórico de consumo humano predatório, e este fato reflete também nas nascentes do tipo encostas preservadas, que são as mais difíceis de acesso e pouco agriculturáveis, preservando assim os maiores grupos de indivíduos. Já as nascentes Helocrenos são as mais degradadas, pela facilidade do acesso (Tabela 9).

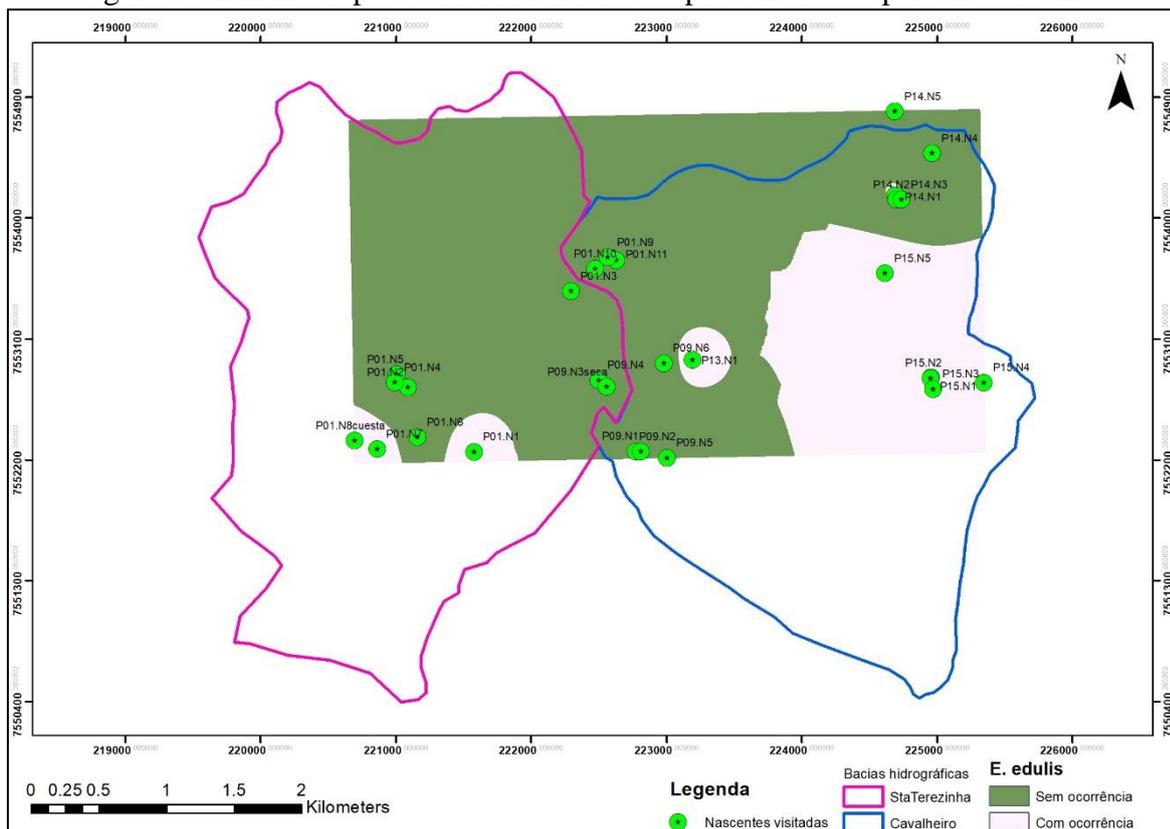
Apesar dessa ocorrência por tipo de descarga ser maior em Helocrenos, o principal atrativo para espécie é a umidade, podendo assim ocorrer em diversos tipos de descarga. Em visita as nascentes que não sofreram degradação recente, como a nascente P1.N1, é possível verificar no talude da nascente um limite definido de ocupação pela espécie a montante, indicando que o máximo permitido pela ocupação é o limite que a planta pode ter acesso a umidade (Figura 28). Considerando-se que a espécie tem as raízes curtas, é fácil compreender a zona de ocupação da espécie nas nascentes- a presença desta espécie sempre esteve associada e concentrada nas regiões úmidas, acompanhando claramente a linha úmida de afloramento (Figura 29).

Tabela 9 – Relação da preservação do entorno da nascente e a Ocorrência da espécie *Euterpe edulis* por tipo de descarga.

	Preservação por descarga				Ocorrência de <i>Euterpe edulis</i>			
	Encosta	Helocreno	Reocreno	Jd.	Encosta	Helocreno	Reocreno	Jd.
				Suspenso				Suspenso
Alta degradação	1	5	3	0	0	0	0	0
Pouca degradação	1	5	4	0	0	3	1	0
Preservação	2	4	2	1	2	3	0	1
Total	4	14	9	1	3	6	1	1

Fonte: Autor

Figura 27- Análise espacial da ocorrência da espécie *E. edulis* pelo método IDW



Fonte: Autor

Figura 28 – Localização de indivíduos *E. edulis* no talude da nascente P1.N1



Fonte: Autor

As nascentes P15.N1, N2 e N3, classificadas como nascentes helocreno, apesar de serem nascentes que foram protegidas por estruturas de concreto, a montante destas nascentes está localizada uma região vadosa, característica de uma nascente helocreno, somado a este fato relatos históricos ajudaram na categorização.

O tipo de solo da nascente P1.N1 é arenoso, e o da nascente P15.N1, N2 e N3 é areno-argiloso (ver Figura 30 e Figura 31)

Após as análises físico químicas da água, foi possível concluir que no geral as nascentes com ocorrência da espécie *E. edulis* possuem pH ácidos, condutividade baixa, em duas delas,

localizadas na Propriedade 15, os valores de oxigênio dissolvido (OD) são mais baixos nas duas estações. Também é possível observar que a tendência do pH é serem mais elevados em épocas de estiagem, já que as contribuições das chuvas, que são ácidas, não estão presentes (Tabela 10).

Figura 29 – *Euterpe edulis* presente nas nascentes.

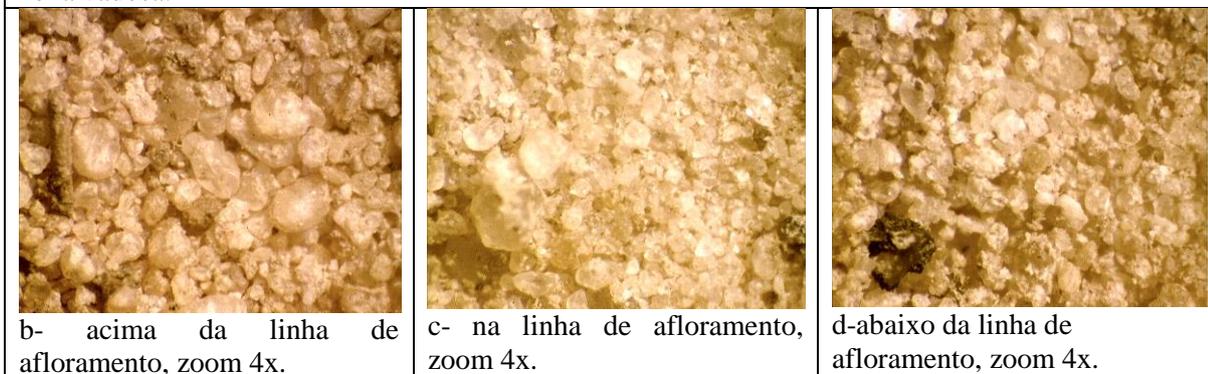


Fonte: Autor.

Figura 30 – Nascente P1.N1 e amostras de solo



a- A jusante da nascente, é possível observar que toda a região tem água abundante, formando um zona vadosa.



Fonte: Autor.

Figura 31 – Nascentes P15.N1 e N2



Fonte: Autor.

Tabela 10 – Parâmetros físico-químicos e vazão das nascentes P1.N1 e P15.N1 e N2.

Parâmetros	Valores			Valores				
	Chuvoso			Estiagem				
	P01.N1	P15.N1	P15.N2	P01.N1	P15.N1	P15.N2	P01.N7	P01.N8
pH	4,82	4,70	4,90	5.66	6.080	6.010	6.37	7.630
Condutividade (mS/cm)	0,017	0,024	0,022	0.018	0.021	0.022	0.022	0.043
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,30	3,51	4,01	5.04	5.73	5.20	0.85	8.33
Turbidez (unt)	0	0	0	-	-	-	-	-
Temperatura °C	22,5	23,4	23,5	21.1	21.6	20.7	21.1	17.8
Salinidade	0	0	0	0	0	0	0	0
Vazão (L/s)	-	-	0,052	-	-	0,01	-	-

Fonte: Autor

Silva (1991), em um estudo conduzido na região brejosa da mata da Reserva Municipal de Santa Genebra (Campinas-SP), área de solo raso e intenso hidromorfismo, em 100 parcelas instaladas (5x5m), concluiu que as áreas mais úmidas possuíam uma maior densidade de indivíduos da espécie *E. edulis*, e que a sobrevivência dos indivíduos (plântulas e jovens), foram severamente afetados pela seca: três meses foram suficientes para levar à morte dos indivíduos, parte do estudo é possível visualizar no Quadro 13, onde percebe-se um nível consideravelmente maior número de indivíduos em todos estágios etários em ambientes alagadiços.

Quadro 13- Número médio de plantas por parcela (25m²) da palmeira *Euterpe edulis* na Reserva Municipal de Santa Genebra (Campinas-SP)

	Plântulas	Jovens	Imaturos	Adultos
Parcelas secas	22,2	5,7	0,1	0,03
Parcelas pouco úmida	15,4	5,3	0,19	0,19
Parcelas úmidas	45,4	8,0	0,3	0,7
Parcelas muito úmidas	93,7	8,6	0,9	1,5
Parcelas alagadiças	214,5	14,1	2,1	2,0

Fonte: Silva, 1991.

Segundo o estudo de Nogueira Jr, Fisch e Ballesterro (2003), realizado em Pindamonhangaba-SP (Reserva Ecológica do Trabiju), a concentração de indivíduos jovens de *Euterpe edulis* em ambientes saturados é maior em 215% com relação a ambientes semi saturado, e chega a ser 388% maior em ambientes de baixa umidade (39 a 46%), ver Quadro 14, o que indica uma preferência à ambientes úmidos pela espécie.

Quadro 14 – Estimativa de ocorrência de nº indivíduos de *Euterpe edulis* com relação ao microclima

Microclima	Umidade (%)	Indivíduos por ha
Saturado	61 à 75	4631
Semi saturado	35 à 60	2144
Meia encosta	40 à 46	1561
Plato	39 à 46	1193

Fonte: Nogueira Jr, Fisch e Ballesterro (2003).

Os estudos citados corroboram a preferência da espécie (*Euterpe edulis*) por ambientes mais úmidos, sendo assim, é uma espécie passível de ser classificada como dependente das águas subterrâneas (GDE), este fato também se revela nos dados coletados em campo, onde a

espécie está relacionada a ambientes vadosos e úmidos, não ocorrendo em locais secos. A não ocorrência da espécie também está relacionada com a intermitência do afloramento, com possíveis intervalos de seca. Sendo assim a espécie pode ser uma indicadora de nascentes mais úmidas.

Torres et al (1992) compilaram uma lista de árvores e palmeiras nativas indicadas para plantio em áreas com o solo permanentemente encharcado nas regiões de Campinas e Piracicaba na qual a palmeira *Euterpe edulis* é classificada como tendo preferência por solos encharcados temporariamente (ver lista completa em Anexo 3)

Outra lista disponível com espécies para uma possível restauração em Unidades de Conservação estaduais do Rio de Janeiro (CNCFlora, 2018), tem inclusa a espécie *Euterpe edulis*, porém não houve a classificação quanto a posição na paisagem ou recomendação de plantio (Encosta, Baixada Seca, Baixada Alagável).

Essa dependência de umidade e das águas subterrâneas são novamente reforçados em duas nascentes (P1.N7 e N8), que possuem uma vegetação bem consolidada de indivíduos da espécie *Euterpe edulis*. Na primeira nascente (P1.N7) foram encontrados dominância e uma vasta quantidade de indivíduos da espécie na região vadosa (ver Figura 32). Já a nascente P1.N8 é possível verificar que a espécie se estabeleceu de forma significativa nas bordas do canal e na calha do pequeno curso hídrico a jusante (ver

Figura 33).

Figura 32 – Nascente P1.N7 com grande quantidade de espécies *Euterpe edulis* adultos



Fonte: Autor

Figura 33 – Indivíduos da espécie *Euterpe edulis* em um canal intermitente.



Fonte: Autor.

Na nascente P1.N7 também foram encontrados indivíduos da espécie *Taluma ovata*, popularmente denominada Pinha do Brejo (ver Figura 34). Planta seletiva higrófito e ocupa as planícies aluviais ao longo dos rios e várzeas úmidas (LORENZI, 2002b). Essa espécie, que tem preferências por regiões pantanosas, onde a inundação não inibe seu crescimento (LOBO e JOLY, 1998).

A *Taluma ovata* compõe a lista descrita por Torres *et al* (1992) de espécies peculiares de áreas de brejo, o autor ainda reforça que o desaparecimento das nascentes e de outros ecossistemas brejosos coloca a espécie em risco.

Figura 34 – Fruto seco da espécie *Taluma ovata*



Fonte: Autor

3.3.4 As nascentes P1.N4, N5, N7; P9.N6; P14.N5; e P15.N1, N2, N3, N4 e a espécie *Hedychium coronarium*.

A espécie *Hedychium coronarium*, citada anteriormente, apesar de não ser uma espécie brasileira, é uma espécie invasora de ampla distribuição, e foi encontrada em onze nascentes visitadas (Figura 35).

Foram anotadas ocorrências nas nascentes P1.N4, N5, N7; P9.N5, N6; P13.N1, P14.N5; e P15.N1, N2, N3, N4. Nas nascentes encontradas a espécie, 73% é do tipo helocreno indicando uma necessidade da espécie em ocupar regiões vadasas (Tabela 11) este fato é corroborado pelos dados da ocupação Reocreno, que são baixas, já que o tipo de descarga Reocreno está ligado a existência de um canal declivoso, sem a reserva de água no terreno, não formando as zonas vadasas, tendo assim períodos mais constantes de seca.

Nas nascentes estudadas a espécie não ocorre em regiões de água corrente com uma lâmina de água expressiva. Na nascente P13.N1, como discutido anteriormente, e considerada uma nascente perene a partir da presença do crustáceo a espécie ocorre nas laterais do curso hídricos logo a jusante da nascente, nunca na região de fluxo permanente.

Portanto, tudo indica que a espécie tem predileção locais com solos vadosos. Joly e Brandle (1995) em estudo concluiu que os rizomas da espécie conseguem suportar até 16 dias de hipóxia. Esta espécie, apesar de ser uma espécie invasora e ocupar o nicho de outras espécies nativas, também pode ser classificada como uma espécie dependente das águas subterrânea.

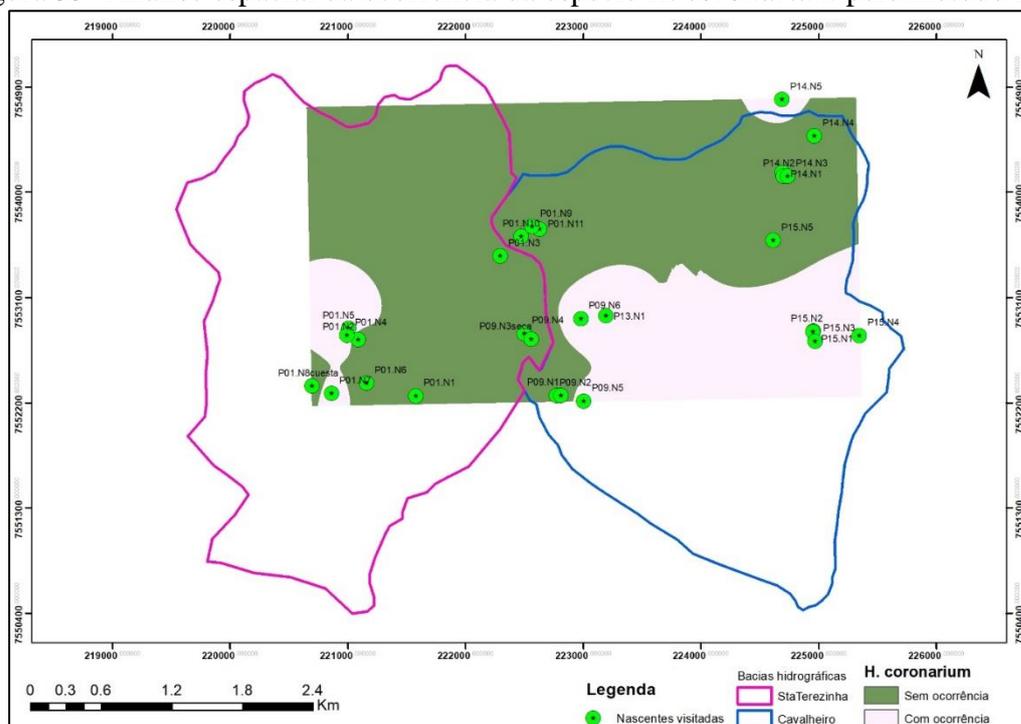
A espécie também pode ocupar regiões preservadas, bastando ter as condições para se estabelecer (Tabela 11).

Tabela 11 – Relação da preservação do entorno da nascente e a Ocorrência da espécie *Hedychium coronarium* por tipo de descarga e com relação a preservação

	Preservação por descarga				<i>Hedychium coronarium</i>			
	Encosta	Helocreno	Reocreno	Suspensão	Jd.		Jd.	
					Encosta	Helocreno	Reocreno	Suspensão
Alta degradação	1	5	3	0	0	2	0	0
Pouca degradação	1	5	4	0	1	3	0	0
Preservada	2	4	2	1	1	3	1	0
Total	4	14	9	1	2	7	1	0

Fonte: Autor

Figura 35- Análise espacial da ocorrência da espécie *H. coronarium* pelo método IDW



Fonte: Autor.

Os parâmetros físico-químicos de algumas nascentes, que anteriormente não foram descritas (Tabela 12) indica que a espécie *H.coronarium* não tem restrição quanto aos parâmetros, que podem ser os mais variados.

Tabela 12 – Parâmetros físico-químicos das nascentes P15.N3; P01.N5,N7; P09.N6; P14N5

Parâmetros	Valores					
	Chuvoso		Estiagem			
	P15.N3	P15.N3	P01.N5	P01.N7	P09.N6	P14.N5
pH	4,55	5.60	7.600	6.370	7.570	5.690
Condutividade (mS/cm)	0,020	0.026	0.018	0.022	0.057	0.008
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,20	7.41	5.44	0.85	6.05	3.95
Turbidez (unt)	0		-	-	-	-
Temperatura °C	22,6	22.0	27.5	21.1	18.8	21.6
Salinidade	0		0	0	0	0
Vazão (L/s)	-	-	0,069	-	0,010	-

Fonte: Autor

3.3.5 As nascentes P1.N9, N10, N11; P14.N4,N5; e P15.N4 e os indivíduos da espécie *Cyathea delgadoi*.

Em seis nascentes foram encontrados indivíduos da espécie *Cyathea delgadoi* Pohl ex Sternb. (P1.N9, P1.N10, P1.N11, P14.N4, P14.N5, e P15.N4), conhecida popularmente como Samambaiacu (Figura 37).

As ciateáceas são pteridófitas escamosas que têm hábito usualmente arborescente, consistindo de um cáudice simples com uma roseta de frondes no ápice (FERNANDES, 2003 apud LEHN E RESENDE,2008).

No Estado de Mato Grosso do Sul, a espécie *Cyathea delgadoi* ocorre de forma agregada, principalmente, associada às Florestas Semidecíduais, em sítios úmidos ou ainda locais alagadiços como bordas de veredas (LEHN e RESENDE 2008)

No Rio Grande do Sul, *C. delgadoi* cresce em baixas altitudes, nas florestas dos taludes dos morros da depressão e ao longo de linhas de drenagem ou em vertentes rochosas úmidas, com cobertura rasa de solo arenoso (SCHMITT e WINDISCH, 2007).

Segundo Oliveira et al (2019), a abundância da espécie está relacionada com abertura de dossel e umidade do solo que demonstraram ser fatores importantes para agregar plantas.

Dentre as nascentes com ocorrência da espécie, as nascentes do tipo Reocreno agrupam 50% da ocorrência (Tabela 13).

Dentre as nascentes encontradas os indivíduos, a maior parte (83%) está concentrada em nascentes de alta altitude (Figura 36). A associação tipo de descarga Reocreno e altas

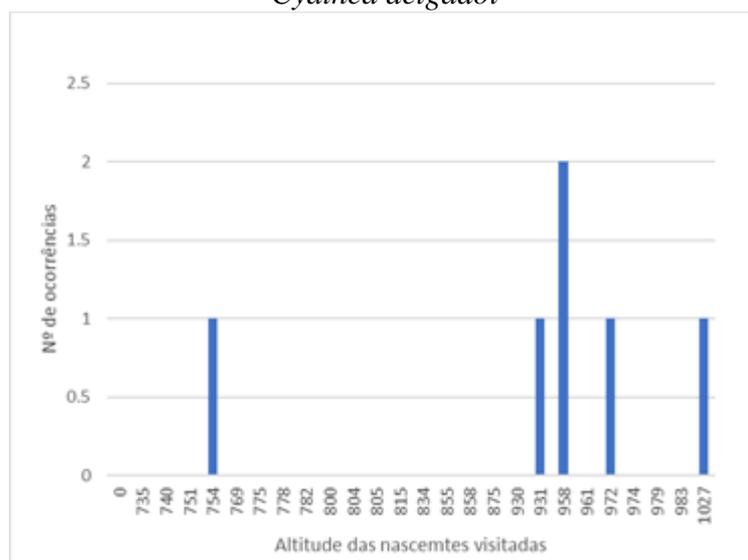
altitude possivelmente favorecem a criação de um microclima de alta umidade, ideal para a espécie.

Tabela 13 – Ocorrência de indivíduos da espécie *Cyathea delgadoi* por tipo de descarga e com relação a preservação

	Preservação por descarga				<i>Cyathea delgadoi</i>			
	Jd.				Jd.			
	Encosta	Helocreno	Reocreno	Suspense	Encosta	Helocreno	Reocreno	Suspense
Alta degradação	1	5	3	0	0	0	1	0
Pouca degradação	1	5	4	0	1	1	1	0
Preservada	2	4	2	1	0	1	1	0
Total	4	14	9	1	1	2	3	0

Fonte: Autor.

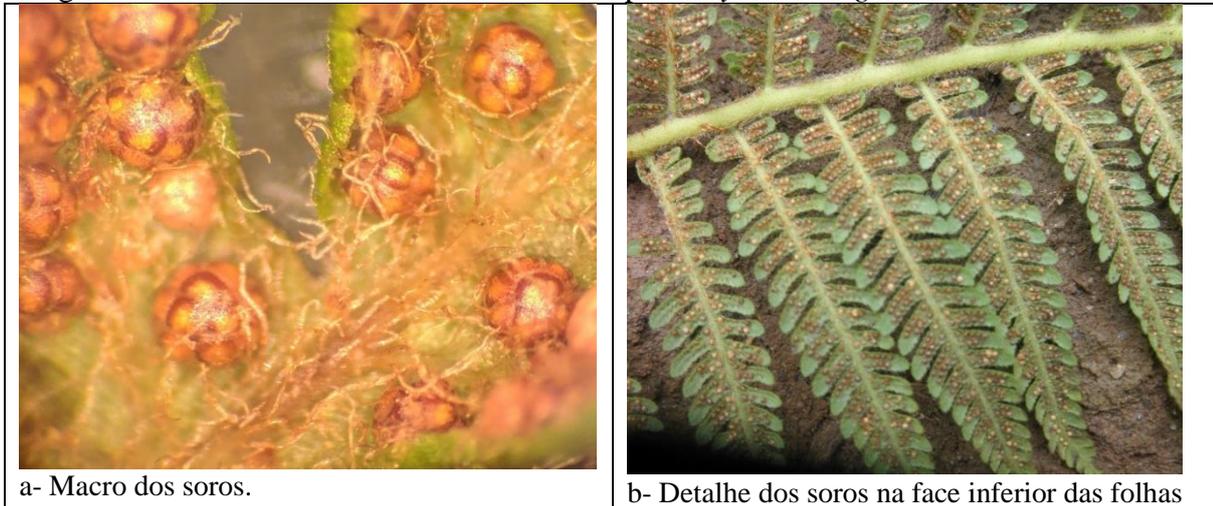
Figura 36 – Relação da altitude em nascentes com a ocorrência de indivíduos da espécie *Cyathea delgadoi*



Fonte: Autor

Neste estudo, as ocorrências da espécie estão na maior parte associadas as nascentes de maiores altitudes e estas ocorrem acima das Cuestas. A degradação antrópica e as condições climáticas ideais, fizeram das nascentes o último refúgio para esta espécie na região. Proporcionando umidade na maior parte do ano, as nascentes atendem a exigência da espécie, que é altamente dependente dos recursos hídricos. Na Figura 37, abaixo, é possível verificar detalhes de alguns espécimes utilizados para identificar a espécie e nascentes com ocorrência (Figura 38).

Figura 37 – Ocorrência da de indivíduos da espécie *Cyathea delgadoi* na nascente P1.N11.



a- Macro dos soros.

b- Detalhe dos soros na face inferior das folhas



c- Folha jovem enrolada (báculo)



d- Base do pecíolo com escamas.



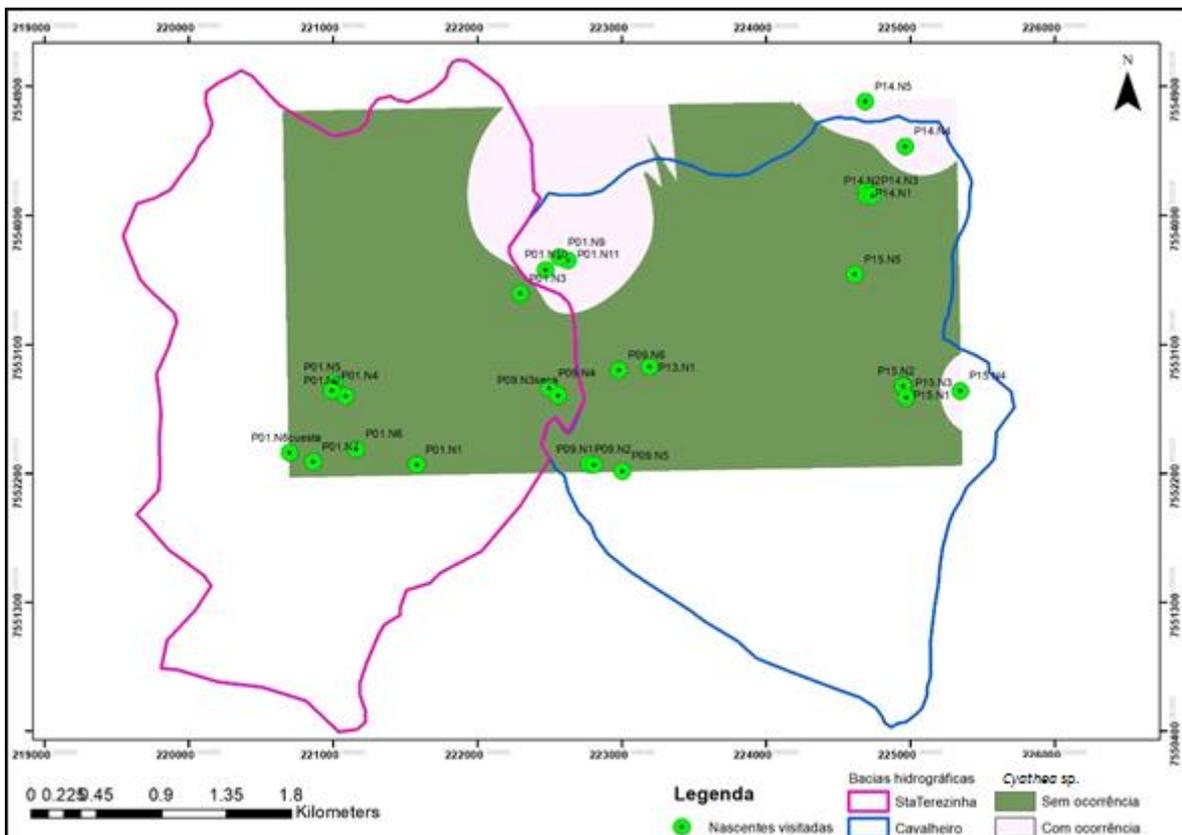
e- Ocorrência de indivíduos da família *Cyatheaceae* na nascente P1.N11.



f- Detalhe do báculo da ocorrência.

Fonte: Autor.

Figura 38 – Análise espacial da ocorrência de indivíduos da espécie *Cyathea delgadoi* pelo método IDW.



Fonte: Autor.

3.3.6 As nascentes e as Briófitas

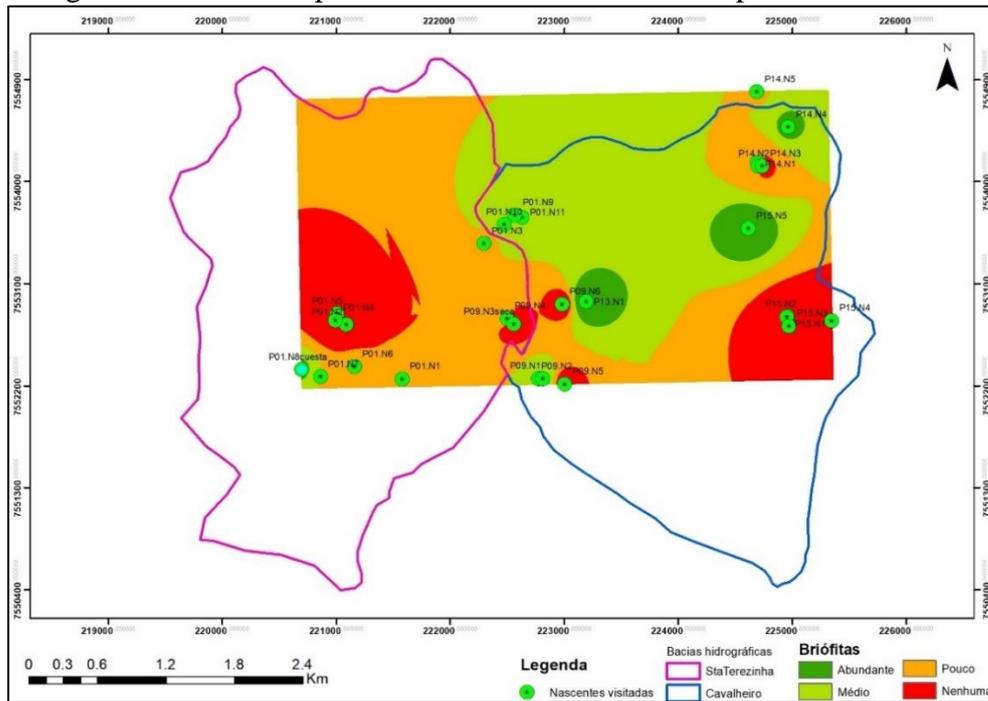
As briófitas geralmente ocorrem em locais úmidos, já que necessitam de água para possibilitar a mobilidade dos gametas masculinos flagelados (anterozoides) (COSTA e LUIZI-PONZO, 2010)

Em regiões de nascentes, parte desta umidade é suprida pelo afloramento das águas subterrâneas, indispensável para formação de um microclima adequado para as briófitas.

Analisar as briófitas nas nascentes também pode nos fornecer informações relevantes. É de se esperar que as nascentes Helocrenos apresentem a menor taxa de briófitas, já que as águas são mais lentas. As nascentes de Encosta e Reocreno, por sua vez, possuem águas com maiores velocidades, o que facilita os respingos, e em épocas de alta pluviosidade também aumentam a turbulência, favorecendo a umidificação dos arredores. O tipo de morfologia, profunda, também facilita na contenção da umidade. Por vezes o substrato rochoso também pode fornecer nutrientes para as espécies de briófitas.

Dentre as nascentes visitadas, a maior abundância de briófitas ocorreu nas nascentes de encosta, é preciso salientar que as nascentes de encostas neste caso representam nascentes preservadas (Figura 39). Em nascentes de encosta preservada a vegetação arbórea é farta o que impede a entrada de luz solar, o que amplia a oportunidade de condições adequadas para as briófitas.

Figura 39- Análise espacial da ocorrência de briófitas pelo método IDW



Fonte: Autor

Dez (10) nascentes não foram encontradas presença de briófitas sendo 8 delas Helocreno, duas Reocrenos, sendo uma delas está altamente degradada, e a outra, que apesar de estar preservada não possui nenhuma briófitas, porém a maior parte do volume de água desta nascente está sendo captado, o que deve ter influenciado para a não existência de briófitas no local; a ocorrência na nascente do tipo Jardim suspenso é abundante. (Tabela 14).

Tabela 14 – Ocorrência de Briófitas por aspecto de preservação do entorno e tipo de descarga

Alta degradação	Ocorrência de Briófitas			
	Abundante	Médio	Pouco	Nenhuma

Encosta	-	-	1	-
Helocreno	-	-	2	3
Reocreno	-	-	2	1
Pouca degradação				
Encosta	-	-	1	-
Helocreno	-	1	2	2
Reocreno	-	1	3	-
Preservado				
Encosta	1	1	-	-
Helocreno	-	-	1	3
Jardim suspenso	1	-	-	-
Reocreno	-	1	-	1
Total	2	4	12	9

Fonte: Autor

Sendo assim, as briófitas nos fornecem informações indiretas sobre a umidade do local, e a degradação (entrada de luz). Em algumas nascentes as briófitas estão aderidas nos taludes das nascentes, e a partir delas é possível determinar onde está a linha molhada média do solo.

3.3.7 Espécies dependentes das águas subterrâneas a partir das nascentes estudadas.

Neste trabalho foi considerado um crustáceo e parte da flora das nascentes como espécies de um ecossistema dependente das águas subterrâneas. Essa dependência é justificada por diversos fatores já esclarecidos no texto. Possivelmente essas populações descritas não conseguiriam sobreviver sem as águas subterrâneas.

O número de espécies descritas é uma pequena parte do ecossistema dependente existente. Em algumas nascentes do tipo Helocreno (P15.N3), percebeu-se uma grande diversidade de aves que utilizam o lugar para acesso a água e a alimentação, especialmente as aves limícolas, que são dependentes de regiões lodacentas, próprias da nascente do tipo Helocreno, como exemplo foi identificada foi a espécie *Aramides saracura* (Figura 40).

Houve um esforço amostral em cinco (05) nascentes (P15N1, P15.N2, P15N3, P14N5 e P1N11) (Ver Apêndice C). A amostragem foi feita em nascentes do tipo Helocreno, Reocreno e Encosta. Perceptivelmente foi observado que as nascentes do tipo Helocreno possuem uma grande diversidade, com essa pequena amostragem foi possível vislumbrar essa tendência (Tabela 15), com um número de espécies de aves maior nas nascentes P15.N1,N2 e P15.N3, ambos do tipo Helocreno.

Tabela 15 – Número de espécies de aves em 04 nascentes do tipo Helocreno, Reocreno e de Encosta

Nascentes	Tipo de descarga	Número de espécies amostradas
P1.N11	Reocreno	18
P15.N1 e N2	Helocreno	32
P15.N3	Helocreno	25
P15.N5	Encosta	15

Fonte: Autor.

Um melhor aproveitamento das campanhas de campo poderia ser feito com uma equipe de diversos especialistas, o que resultaria em um número maior de espécies dependentes que compõe o GDE.

Figura 40 – Ave limícola na nascente P15.N3



Fonte: Autor

3.3.8 Distinguindo entre uma nascente perene e uma nascente intermitente a partir das espécies dependentes.

Existem espécies que são mais seletivas, preferem umidade e sombreamento para se desenvolver, como a *Euterpe edulis*. Já a *Taluma ovata* prefere lançar suas sementes em solo mais seco (Lobo e Joly, 1998) então quando estas espécies ocorrem juntas, apesar de ser uma nascente Helocreno (P1.N7), indica que há momentos que a nascente diminui bastante sua quantidade de água, podendo até ser intermitente no afloramento.

Já a espécie *Typha dominguensis*, prefere nascentes com água abundante e sempre encharcada, então conclui-se que a nascente P9.N4 é uma nascente perene.

O Caranguejo é uma espécie altamente dependente, então conclui-se que a nascente P13.N1 é uma nascente perene.

Portando, é possível a partir de espécies dependentes se entender melhor uma nascente, embora as conclusões não sejam diretas. Para facilitar a compreensão é importante utilizar outras informações, como por exemplo a morfologia.

A utilização destas espécies como indicadoras, poderá facilitar na conservação das nascentes, sobretudo das nascentes intermitentes, que são mais suscetíveis ao secamento e desaparecerem caso o uso do solo impermeabilize a área contribuinte para o afloramento.

3.3.9 Considerando as espécies dependentes encontradas para avaliar o bom histórico de conservação de uma determinada nascente.

Dentre espécies que fazem parte do GDE, a espécie *Euterpe edulis*, naquela região parece ser uma espécie chave para avaliar a conservação da nascente. Ela ocorre nas mais diversas nascentes e tudo indica que o um dos pré-requisito para sua ocorrência é a umidade, já que suas raízes são curtas. Porém, há que ter cuidado para relacionar a espécie com nascentes intermitentes, que passam por um grande período de seca; as nascentes Reocrenos e de Encosta próximo aos interflúvios são mais propensas ao secamento, contudo, na região, grandes populações dessa espécie podem indicar uma maior conservação na nascente.

A *Cyathea* sp. por sua vez, parece preferir regiões de maiores altitudes, não funcionando como um possível indicador de nascente conservada nas regiões de menores altitudes.

A espécie *Taluma ovata* parece responder ao mesmo estímulo necessário a *E. edulis*, porém esta espécie parece ser mais seletiva, já que prefere lançar suas sementes no solo em período de estiagem.

O caranguejo do gênero *Trichodactylus*, parece ser uma espécie adequada para indicar um bom histórico de conservação nas nascentes de encostas. Além desta nascente estudada (P13.N1) há relatos de outras nascentes com ocorrência de caranguejos.

Ao contrário, uma espécie que pode indicar a degradação, é a espécie *H. coronarium*, essa espécie, apesar de fazer parte dos GDEs, representa dois fatores: existe umidade no local e existe luminosidade. Apesar de não ter se executado medidas mais precisas de luminosidade, essa espécie ocorre mesmo em nascentes preservadas, mas com clareiras.

A predileção por umidade, e também ser uma espécie invasora, fez dela uma vilã das nascentes Helocreno, em especiais aquelas que ocorrem próxima a cursos hídricos. Porém esta espécie parece não ocorrer nascentes Helocreno permanentemente inundadas, que parecem ser preferência da espécie *Typha domingensis*. A espécie *H. coronarium* também não parece se adaptar bem as nascentes Reocrenos, como anteriormente citado.

3.3.10 Considerando as espécies dependentes para identificar as nascentes que correm maiores riscos de degradação.

Considerando como maior risco de degradação de uma nascente o secamento de suas águas, as nascentes Reocrenos que estão próximas aos interflúvios estão mais propensas ao secamento. A identificação dos GDEs, pode auxiliar na interpretação histórica da flutuação hídrica do local, uma nascente com GDE da Classe 3, onde o acesso ao recurso hídrico se dá somente por força capilares, indica maior propensão ao secamento. Na nascente P1.N3, a partir deste estudo, não foi possível identificar espécies que compõem o GDE nesta nascente, durante a visita no período seco, pois a expressão das águas subterrânea é muito baixa, o que pode ter impedido a existência de espécies que necessitam de maiores expressões de água, como por exemplo a espécie *E. edulis*. Sendo assim as espécies ao entorno da nascente parecem acessar o recurso hídrico em regiões mais profundas. Se por acaso a área de recarga da nascente for diminuída, pelo uso ou ocupação, então a tendência desta nascente é descer seu afloramento, e por exemplo- as espécies vegetais que acessavam o recurso hídrico a uma determinada altura

terão que aprofundar suas raízes e existindo uma camada impermeável, que limita a infiltração, poderá haver maior competição pelo recurso, e as espécies mais sensíveis podem ser eliminadas.

Se considerarmos o risco de degradação atrelado à diversidade que fazem parte dos ecossistemas é possível dizer que as nascentes de Encostas, são os habitats com maior riqueza na região, já que as mesmas não sofreram um processo de uso pela improdutividade e dificuldade que a morfologia impôs. Neste caso a nascente com os crustáceos (P13.N1) requer maiores estudos para se entender a área de recarga e propor ações para proteção deste GDE.

Nascentes com a espécie *E. edulis*, do tipo Helocreno, longe dos cursos hídricos, podem ser afetadas pelo uso e ocupação das áreas de recarga, e esse cenário pode ser melhor ratificado se a nascente em questão não possuir uma camada impermeabilizante na base.

3.3.11 Espécies paludosas não identificadas

Em duas nascentes (P14.N2 e P15.N4), foi possível encontrar espécies não identificadas de vegetação arbórea como parte do GDE. Essas espécies apresentam funções e particularidades por estarem permanentemente sobre solo encharcado, e possivelmente fazem parte das florestas denominadas Paludosas, com ocorrência em nascentes conforme sugerido por Rodrigues (2009) ao propor as 03 classes de formações ribeirinhas, satisfazendo a classe: **formação ribeirinha com influência fluvial permanente** associadas a nascentes a qual está em consonância com o conceito de GDEs. Abaixo (Figura 41), os dois indivíduos encontrados nas nascentes, com aspectos morfológicos que remeteram à morfologia de espécies tabulares. Em ambas nascentes houve represamento, criando um ambiente de encharcamento maior que o natural.

Figura 41 – Espécies arbóreas adaptadas para regiões encharcadas.



a- Espécie não identificada (P14.N3)

b- Espécie não identificada (P15.N4)

Fonte: Autor.

3.4 Conclusões

As nascentes são locais muito propícios para os estudos dos GDEs, pois elas são os pontos de surgências das águas subterrâneas, e exatamente nos limites das nascentes é que a flutuação das águas subterrâneas possibilita a existência de diversos ecossistemas.

Entre os ecossistemas estudados, o mais surpreendente partiu do encontro de um crustáceo na nascente. A fragilidade da espécie nos permitiu voltar no tempo e vislumbrar uma nascente do passado, que não foi explorada e nos traz informações históricas. Essa nascente só foi poupada porque está no sopé das Cuestas, com muitas rochas, o que impediu o uso do solo para agricultura. Essa nascente então se tornou um refúgio para os crustáceos, que tem em suas águas a dependência de toda uma população. É justamente essa fragilidade, que caracteriza os ecossistemas dependentes das águas subterrâneas.

Assim, a gestão das águas subterrâneas deve passar por esta discussão, já que o rebaixamento do aquífero pode impactar toda uma gama de GDEs. Para isto acontecer se fazem necessários maiores estudos destes ecossistemas e programas e ações de educação ambiental para uniformizar este tipo de informação

Considerando uma nascente, a identificação das espécies que dependem das águas subterrâneas pode ser uma tarefa árdua, já que requer muitos especialistas, este trabalho contemplou uma pequena parte que era acessível ao autor. Há poucos estudos no Brasil sobre nascentes, e podemos perder espécies valiosas, que ainda não foram estudadas e estão localizadas em nascentes com riscos de secamento.

A importância dessa identificação também está no fato destes ecossistemas fornecerem informações sobre o comportamento de uma nascente e possivelmente das águas subterrâneas.

A partir das espécies dependentes encontradas podemos distinguir entre uma nascente perene e uma nascente intermitente, como por exemplo a espécie *Typha dominguensis*, que indica uma nascente perene, ou a espécie *Taluma ovata* que pode indicar uma nascente intermitente, temos também o exemplo já citado, do crustáceo, indicando uma nascente perene, este recurso das espécies podem facilitar a classificação das nascentes bem como pode fornecer informações para aumentar o cuidado com as nascentes intermitentes, tanto com o local do afloramento como a área de recarga.

Considerando as espécies dependentes encontradas e o ecossistema de uma forma geral, podemos compreender e qualificar o histórico de conservação de uma nascente, algumas espécies podem indicar claramente este histórico. A espécie *E. edulis* possui um aspecto

econômico associado a sua ocorrência, porém pode indicar o histórico de conservação, o caranguejo, como já foi mencionado, também atua como indicador de conservação das nascentes.

Considerando as espécies dependentes é possível identificar as nascentes que correm maiores riscos de degradação, já que as espécies podem auxiliar na identificação de nascente mais propensas ao secamento, como as nascentes do tipo Reocreno. Um estudo sobre as diferenças de espécies associadas as classes de GDEs poderá auxiliar na distinção de nascentes mais propensas ao secamento.

Um maior conhecimento também pode ser aproveitado para monitorar as águas subterrâneas por espécies indicadoras bem como para reabilitar uma determinada nascente.

Outro questionamento importante a se levantar e que necessita de estudos é quanto à recuperação das nascentes. Na literatura técnica grande parte está associada ao plantio de espécies arbóreas, porém é necessário conhecer e reabilitar os ecossistemas como um todo incluindo as espécies herbáceas, subarbustivas e arbustivas, insetos, pássaros, anfíbios etc., e claro o principal produto de uma nascente, as águas. Para que isto aconteça de forma correta são necessários mais estudos sobre a temática com intuito de se criar um banco de informações para que sirva futuramente em casos de reabilitação.

3.5 Referências Bibliográficas

BROCK, M.A.; CASANOVA, M.T. Plant life at the edge of wetlands: ecological responses to wetting and drying patterns. In '**Frontiers in Ecology: Building the Links**'. (Eds Klomp, N. and Lunt, I.) pp. 181-192. (Elsevier Science: Oxford), 1997

COSTA, DP. e LUIZI-PONZO, AP. **Introdução**: as briófitas do Brasil. In: FORZZA, RC., org., et al. INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. p. 61-68. Vol. 1.

CORREA JUNIOR, C., MING, L.C., SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. 2ª Ed. FUNEP . Jaboticabal, 1994.

CNCFlora (2018). **Listagem de espécies arbóreas nativas com potencial para o uso em programas de restauração florestal em Unidades de Conservação estaduais do Rio de Janeiro, versão xx**. Disponível em: <https://ckan.jbrj.gov.br/dataset/lista-de-especies-arboreas-indicadas-para-restauracao-florestal>. Acesso em 20/07/2019

CUNHA, C. N., PIEDADE, M. T. F., JUNK, W. J.; **Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats** [recursoeletronico] /. – Cuiabá: EdUFMT, 2015.

DOEG, T., MULLER, K., NICOL, J. and VANLAARHOVEN, J, 2012, Environmental Water Requirements of Groundwater Dependent Ecosystems in the Musgrave and Southern Basins Prescribed Wells Areas on the Eyre Peninsula, **DFW Technical Report 2012/16**, Government of South Australia, through Department for Water, Adelaide

EAMUS, Derek & Froend, Ray & Loomes, Robyn & Hose, Grant & Murray, Brad. A Functional methodology for determining the groundwater regime needed to maintain the health of groundwater-dependent vegetation. **Australian Journal of Botany**. 54. 97-114. 10.1071/BT05031.2006

HEIDEN, Gustavo; IGANCI, João Ricardo Vieira; MACIAS, Leila. Baccharis sect. Caulopterae (Asteraceae, Astereae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 4, p. 943-983, Dec. 2009 . Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860200960411>.

HUSBY, C. Biology and Functional Ecology of Equisetum with Emphasis on the Giant Horsetails. **Botanical Review**. Volume 79: pag.147(2013). <https://doi.org/10.1007/s12229-012-9113-4>

JOLY, C., BRANDLE, R.. (1995). Fermentation and Adenylate Metabolism of Hedychium coronarium J. G. Koenig (Zingiberaceae) and Acorus calamus L. (Araceae) under Hypoxia and Anoxia. **Functional Ecology**. 9. n°3 505-510. 1995.

LANDIM, P.M.B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 02, 20 pp. 2000. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>.

LEHN, C. R. & RESENDE, U. M. 2008. Estrutura populacional e padrão de distribuição espacial de *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyatheaceae) em uma Floresta Estacional Semidecidual no Brasil Central. **Rev. Biociências** 13(3-4): 188-195.

LOBO, P.C., JOLY, C.A. Tolerance to hypoxia and anoxia in neotropical tree species. pp 137-156. in SCARANO, F.R. E A.C. FRANCO (eds). Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the neotropics. Series **Oecologia Brasiliensis**, vol IV PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil, 1998.

JUNK, W. J., PIEDEDE, M. T., LOURIVAL, R. , WITTMANN, F. , KANDUS, P. , LACERDA, L. D., BOZELLI, R. L., ESTEVES, F. A., NUNES DA CUNHA, C. , MALTCHIK, L. , SCHÖNGART, J. , SCHAEFFER-NOVELLI, Y. AND AGOSTINHO, A. A. (2014), Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.**, 24: 5-22. 2013.

KLEEREKOPER, H., **Introdução ao Estudo da Limnologia**. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1944.

LORENZI, H. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Instituto Plantarum: Nova Odessa-SP. 2002a.

LORENZI, H. **Arvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Vol. 1. 4.ed. Plantarum: Nova Odessa-SP. 2002b.

NICOL, J.M., DOODY, T.M. e OVERTON, I.C. **An evaluation of the Chowilla Creek environmental regulator on floodplain understory vegetation**. South Australian Research and Development Institute (Aquatic Sciences), Adelaide. SARDI Publication No. F2010/000317-1. Austrália, 2010.

NOGUEIRA JR, L.R.; FISCH, S.T.V. BALLESTERO, S. D. Influência da umidade do solo no desenvolvimento inicial de plantas do palmitheiro *Euterpe edulis* Mart. Em floresta nativa. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 9, n. 1, p. 7-13, 2003.

OLIVEIRA, F. B.; MAUHS, J.; KÄFFER, M. I.; SCHMITT, J. L. Distribuição espacial e epífitos vasculares de *Cyathea delgadii* sternb. em um fragmento de floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. **Pesquisas, Botânica** N° 73: 165-182. 2019

SCHMITT, J. L.; WINDISCH, P. G.. Estrutura populacional e desenvolvimento da fase esporofítica de *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyatheaceae, Monilophyta) no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. São Paulo , v. 21, n. 3, p. 731-740, Sept. 2007

SILVA W. R., VIELLIARD, J. Avifauna da Mata Ciliar. In: RODRIGUES, Ricardo R.; LEITÃO FILHO, H. F. (org). **Matas ciliares: Conservação e Recuperação** 2ª ed., 2ª reimpr. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, Fapesp, 2009.

PEDRALLI G. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios In: THOMAZ, S.M., BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas** / editores. -- Maringá: EDUEM, 2003

SILVA, D. M. **Estrutura de tamanho e padrão espacial de uma população de *Euterpe edulis* Mart.** (Arecaceae) em mata mesófila semidecídua no município de Campinas, SP. 1991. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SOUSA, L.A. et al. Características Fenológicas de *Baccharis trimera* (Less.) DC. (1836) - Asteraceae - no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. **Rev. bras. plantas med.**, Botucatu, v.16, n.1, p.112-116, Mar. 2014. Acesso em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722014000100016>

SPRINGER et al. Classification, Identification Techniques and Threats in: **Integrated Groundwater Management: Concepts, Approaches and Challenges**. Org. JAKEMAN, A. J., BARRETEAU, O., HUNT, R. J. e ROSS, A., Springer Open, 2016

TANNUS, J. L. S. **Estudo da vegetação dos campos úmidos de cerrado: aspectos florísticos e ecológicos**. Tese de Doutorado. Unesp. Rio Claro, 2007.

TORRES R.B; MATTHES L.A.F; RODRIGUES R.R. & LEITÃO FILHO H.F. **Espécies florestais nativas para plantio em áreas de brejo**. O Agrônomo, 44(1,2,3). Campinas. 1992. http://www.fundacaofia.com.br/gdusm/lista_florestas_brejo.pdf

3.6 Apêndice C

Tabela 16 - Espécies de avifauna amostrada na Nascente P15.N1 e N2 (32 espécies).

Nome científico	Nome popular	Tempo de amostragem		
		5 min	10 min	15 min
<i>Brotogeris chiriri</i>	Periquito-de-encontro-amarelo	x	x	x
<i>Camptostoma obsoletum</i>	Risadinha	x		x
<i>Cariama cristata</i>	Seriema		x	
<i>Certhiaxis cinamommeus</i>	Currutié	x		
<i>Coereba flaveola</i>	Cambacica	x	x	
<i>Crotophaga ani</i>	Anú-preto	x		
<i>Elaenia flavogaster</i>	Guaracava-de-barriga-amarela			x
<i>Florisuga fusca</i>	Beija-flor-preto			x
<i>Forpus xanthopteryg</i>	Tuim			x
<i>Guira guira</i>	Anú-branco	x		
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>	Arapaçu-do-cerrado			x
<i>Leptotila verreauxi</i>	Juriti-pupu	x	x	
<i>Melanerpes candidus</i>	Pica-pau-branco	x	x	
<i>Mesembrinibis cayannensis</i>	Coró-coró	x	x	
<i>Myiarchus ferox</i>	Maria-cavaleira		x	
<i>Myiodinastes maculatus</i>	Bem-te-vi-rajado	x		
<i>Patagioenas picazuro</i>	Pombão			x
<i>Phaethornis pretrei</i>	Rabo-branco-acanelado		x	x
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bem-te-vi		x	x
<i>Psittacara leucophthalmus</i>	Periquitão-maracanã		x	x
<i>Ramphocelus carbo</i>	Pipira-vermelha	x	x	x
<i>Scardafella squamata</i>	Fogo-apagou			x
<i>Sporophila caerulescens</i>	Coleirinho	x		
<i>Tangara cayana</i>	Saíra-amarela			x
<i>Tangara sayaca</i>	Sanhaço-cinzento	x	x	x
<i>Tersina viridis</i>	Saí-andorinha	x		
<i>Todirostrum cinereum</i>	Ferreirinho-relógio			x
<i>Troglodytes musculus</i>	Corruíra		x	
<i>Turdus leucomelas</i>	Sabiá-barranco		x	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Suiriri	x		
<i>Tyrannus savana</i>	Tesourinha	x		
<i>Veniliornis passerinus</i>	Picapauzinho-anão	x		

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 17 - Espécies de avifauna amostrada na Nascente P15.N3 (25 espécies*).

Nome científico	Nome popular	Tempo de amostragem		
		5 min	10 min	15 min
<i>Arremon flavirostris</i>	Tico-tico-do-mato	x		
<i>Brotogeris chiriri</i>	Periquito-de-encontro-amarelo	x	x	x
<i>Camptostoma obsoletum</i>	Risadinha	x		
<i>Caracara planchus</i>	Carcará	x		
<i>Coereba flaveola</i>	Cambacica		x	
<i>Columbina talpacoti</i>	Rolinha-roxa	x	x	
<i>Cyanocorax cristatellus</i>	Gralha-do-campo		x	
<i>Euphonia chlorotica</i>	Fim-fim		x	
<i>Furnarius rufus</i>	João-de-barro	x		
<i>Leptotila verreauxi</i>	Juriti-pupu	x		x
<i>Melanerpes candidus</i>	Pica-pau-branco	x		
<i>Mesembrinibis cayannensis</i>	Coró-coró		x	
<i>Myiodinastes maculatus</i>	Bem-te-vi-rajado	x		
<i>Patagioenas picazuro</i>	Pombão			x
<i>Patagioenas plumbea</i>	Pomba-amargosa		x	

<i>Picumnus albosquamatus</i>	Pica-pau-anão-escamado			x
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bem-te-vi		x	x
<i>Psittacara leucophthalmus</i>	Periquitão-maracanã		x	x
<i>Ramphocelus carbo</i>	Pipira-vermelha	x		x
<i>Scardafella squamata</i>	Fogo-apagou	x	x	x
<i>Tangara sayaca+AA2:A23</i>	Sanhaço-cinzento	x	x	x
<i>Todirostrum cinereum</i>	Ferreirinho-relógio	x	x	x
<i>Turdus leucomelas</i>	Sabiá-barranco		x	x
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Suiriri	x	x	

* Somada a espécie *Aramides saracura*, identificada em outra ocasião

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 18 - Espécies de avifauna amostrada na Nascente P15.N5 (15 espécies).

Nome científico	Nome popular	Tempo de amostragem		
		5 min	10 min	15 min
<i>Automolus leucophthalmus</i>	Barranqueiro-de-olho-branco	x	x	x
<i>Basileuterus culicivorus</i>	Pula-pula		x	x
<i>Brotogeris chiriri</i>	Periquito-de-encontro-amarelo			x
<i>Cariama cristata</i>	Seriema	x	x	x
<i>Coragyps atratus</i>	Urubu		x	
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Pitiguari	x	x	
<i>Myiodinastes maculatus</i>	Bem-te-vi-rajado		x	x
<i>Myiothlyps flaveola</i>	Canário-do-mato		x	
<i>Ramphastos toco</i>	Tucanuçu			x
<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavião-carijó	x		x
<i>Thamnophilus caerulescens</i>	Choca-da-mata			x
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	Bico-chato-de-orelha-preta	x	x	
<i>Turdus leucomelas</i>	Sabiá-barranco	x		x
<i>Veniliornis passerinus</i>	Picapauzinho-anão		x	
<i>Vireo chivi</i>	Juruviara		x	

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 19 - Espécies de avifauna amostrada na Nascente P01.N11 (18 espécies).

Nome científico	Nome popular	Tempo de amostragem		
		5 min	10 min	15 min
<i>Camptostoma obsoletum</i>	Risadinha	x		
<i>Cyanocorax cristatellus</i>	Gralha-do-campo			x
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Pitiguari	x	x	x
<i>Elaenia flavogaster</i>	Guaracava-de-barriga-amarela		x	x
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>	Arapaçu-do-cerrado	x		
<i>Molothrus bonariensis</i>	Chupim	x		
<i>Myiodinastes maculatus</i>	Bem-te-vi-rajado	x	x	
	Bentevizinho-de-penacho-vermelho			x
<i>Myiozetetes similis</i>				x
<i>Patagioenas picazuro</i>	Pombão		x	
<i>Phaethornis pretrei</i>	Rabo-branco-acanelado		x	
<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavião-carijó		x	
<i>Sicalis flaveola</i>	Canário-da-terra	x	x	x
<i>Tangara sayaca</i>	Sanhaço-cinzento	x		
<i>Taraba major</i>	Choró-boi	x		
<i>Troglodytes musculus</i>	Corruíra	x	x	
<i>Turdus leucomelas</i>	Sabiá-barranco			x
<i>Vireo chivi</i>	Juruviara		x	
<i>Zonotrichia capensis</i>	Tico-tico	x		

Fonte: Autor, 2019.

4. Anexos

Anexo 1– Espécies encontradas no estudo de Lundblad(1941 apud Kleerekoper,1944) e Kleerekoper (1944).

Tabela 20- Espécies encontradas em nascentes do tipo Reocreno em MG/Brasil

Ordem	Espécie
Trichopteras	<i>Marilia major</i> <i>Marlia minor?</i> <i>Ryacophila</i> sp
Coleoptera	<i>Dryopsis</i> sp. <i>Lutrochus geomari</i> Gronv. <i>Phanoceus clavicornis</i> SHP <i>Cylloepus</i> sp.
Amphipoda	<i>Hyalella azteca</i> f, inermis Smith
Ephemeroptera	<i>Baetis</i> sp. <i>Atalophlebia</i> sp. <i>Thraulodes</i> sp. <i>Hagenulopsis</i> sp. <i>Caenis</i> sp. <i>Thicorythides</i> sp. <i>Leptohyphodes</i> sp.
Outros	<i>Bacillariophyceae</i> (grande concentração) <i>Plecoptera</i> (grande concentração) <i>Hydracarina</i> (grande concentração)

Fonte: Kleerekoper (1944)

Tabela 21 – Espécies encontradas por Lundblad (1941 apud Kleerekoper,1944)

Reocrenos	Limnocrenos
Espécies	
<i>Limnesia minuscula invalida</i> Lundbl	<i>Hydrodroma peregrina</i> Koenike
<i>L. incognita</i> Lundbl.	<i>Limnesia incognita</i> Lundblad
<i>L. pauciseta</i> Ribaga	<i>L. angustipalpis</i> Lundbl.
<i>L. angustipalpis</i> Lundbl.	<i>Centrolimnesia schadei</i> Lundbl!
<i>Neunmania lateribartata</i>	<i>Hygrogates ampliatus</i>
<i>Koenikea curvisostris</i>	<i>Crenolimnesia placophora</i> Lundbl.
<i>K. clavifera-pectinifera</i>	<i>Tyrrellia crenophila</i> Lundbl.
<i>K. elliptica</i>	

Fonte: Lundblad(1941 apud Kleerekoper,1944)

Anexo 2 – Tabela de classificação dos macrohabitats do Pantanal Mato-grossense baseada em fatores hidrológicos e botânicos.

Unidade Funcional	Subclasse	Macrohabitat
1. Áreas permanentemente aquáticas	1.1 Canais de rios	1.1.1 Partes centrais dos canais 1.1.2 Beiras dos canais 1.1.3 Corredeiras, cachoeiras, barreiras pedregais.
	1.2 Lagos	1.2.1 Grandes lagos-baías ocupando reentrâncias de serranias na Beira do Pantanal 1.2.2 Lagos em canais abandonados e em ferraduras (oxbow lakes), 1.2.3 Lagos de depressão dentro do Pantanal 1.2.4 Lagos internos de meandros (Umlaufseen) 1.2.5 Lagos encarcerados por diques marginais (Dammuferseen) 1.2.6 Salinas
2. Áreas periodicamente aquáticas (ATTZ com predominância aquática)	2.1 Áreas de água corrente (pequenos canais e linhas de drenagem)	2.1.1 Furos, paranás, bocas, 2.1.2 Corixos 2.1.3 Vazantes (cobertos com herbáceas)

Fonte: Cunha, Piedade e Junk (2015).

Tab. 1 (Cont).

Unidade Funcional	Subclasse	Macrohabitat
	2.2	Áreas sazonalmente cobertas com água parada
	2.2.1	Áreas de água aberta
	2.2.2	Áreas cobertas com macrófitas aquáticas flutuantes e enraizadas emersas
3. Periodicamente terrestres (ATTZ)		
	3.1	Áreas sem ou com pouca vegetação superior
	3.1.1	Praias arenosas
	3.1.2	Pedregais
	3.3.3	Barrancos
	3.2	Áreas cobertas com plantas herbáceas (campo limpo natural)
	3.2.1	Pouco inundado (campo de caronal, dominado por <i>Elyonurus muticus</i>)
	3.2.2	Inundado por cerca de 3 meses (campo de rabo de burro <i>Axonopus leptostachyus</i> , campo de capim vermelho <i>Andropogon hypogynus</i>).
	3.2.3	Inundado por cerca de 6 meses (campo de mimoso <i>Axonopus purpusii</i> e outros)
	3.2.4	Comunidades herbáceas inundadas por cerca de 6 meses em áreas de sedimentação ao longo do rio
	3.3	Áreas com predominância de plantas herbáceas, arbustos e árvores agrupadas
	3.3.1	Inundadas por algumas semanas (campos de murunduns)
	3.3.2	Inundadas até 3 meses (Campo sujo de canjiqueira <i>Byrsonima orbygniana</i> e de lixeira <i>Curatella americana</i>)
	3.3.3	Inundadas até 6 meses (Campo sujo de pombeiro <i>Combretum laxum</i> , <i>C. lanceolatum</i>)
	3.4	Áreas com arbustais
	3.4.1	Arbustal inundado até 4 meses (espinhal, dominado por <i>Mimosa pellita</i>)
	3.4.2	Arbustal inundado até 3 meses (Canjiqueiral, dominado por <i>Byrsonima</i> spp.)
	3.4.3	Arbustal inundado até 6 meses (Pombeiral, dominado por <i>Combretum lanceolatum</i> e <i>C. laxum</i>)
	3.5	Áreas com florestas poliespecíficas
	3.5.1	Florestas inundadas por poucas semanas e.g., nas bordas de capão e cordilheiras, florestas ribeirinhas mais altas.
	3.5.2	Florestas inundadas por longos períodos, e.g. nas partes baixas ao longo de canais de rios
	3.5.3	Arbustais e florestas pioneiras ao longo dos canais de rios
	3.5.4	Florestas ao longo de landis

Fonte: Cunha, Piedade e Junk (2015).

Tab. 1 (Cont).

Unidade Funcional	Subclasse	Macrohabitat
	3.6	Áreas com florestas monoespecíficas
	3.6.1	Florestas dominadas por <i>Licania parvifolia</i> (Pimental), inundadas até 6 meses
	3.6.2	Florestas dominadas por <i>Vochysia divergens</i> (Cambarazal), inundadas por até 8 meses
	3.6.3	Florestas dominadas por <i>Erythrina fusca</i> (Abobral), inundadas até 8 meses
	3.6.4	Inundadas 4 - 6 meses (Paratudal, dominadas por <i>Tabebuia aurea</i>)
	3.6.5	Áreas inundadas até 8 meses (Carandazal, dominadas por <i>Copernicia alba</i>)
4.		Áreas pantanosas (permanentemente inundadas ou encharcadas)
	4.1	Pântanos de plantas herbáceas (brejos)
	4.1.1	Pântanos dominados por <i>Cyperus giganteus</i> (Pirizal)
	4.1.2	Pântanos dominados por <i>Thalia geniculata</i> (Caitezal)
	4.1.3	Pântanos dominados por <i>Canna glauca</i> (Caitezal)
	4.1.4	Pântanos poliespecíficos
	4.1.5	Pântanos flutuantes (batumes)
	4.2	Pântanos de plantas herbáceas e palmeiras
	4.2.1	Buritizais dominados por <i>Mauritia flexuosa</i>
5.		Áreas permanentemente terrestres
	5.1	Paleo-leques, terraços aluviais, capões, cordilheiras.
	5.1.1	Áreas cobertas com Cerrado sensu lato.
	5.1.2	Áreas cobertas com florestas semidecíduas
	5.1.3	Áreas cobertas com florestas decíduas
	5.1.4	Áreas cobertas pela palmeira <i>Scheelea phalerata</i>
	5.2	Morros (Inselberge)
	5.2.1	Áreas cobertas com floresta estacional decidual
	5.2.2	Áreas cobertas com cerrado
	5.2.3	Áreas cobertas com campo rupestre
6.		Áreas antropogênicas
	6.1	Áreas paleo-antrópicas
	6.1.1	Capão de aterro
	6.2	Áreas recentes
	6.2.1	Reservatórios (tanques bebedouros)
	6.2.2	Caixas de empréstimo
	6.2.3	Canais artificiais
	6.2.4	Estradas diques
	6.2.5	Plantios de subsistência (roças)
	6.2.6	Pastagens exóticas

Fonte: Cunha, Piedade e Junk (2015).

Anexo 3 -Árvores e palmeiras nativas indicadas para plantio em áreas com o solo permanentemente encharcado nas regiões de Campinas e Piracicaba.

Nome vulgar	Nome científico	Família	Observações
acoita cavalo	<i>Luehea divaricata</i>	Tiliaceae	complementar
almecega	<i>Protium heptaphyllum</i>	Bursaceae	complementar
angico branco	<i>Acacia polyhylla</i>	Mimosaceae	complementar
araticum cagão	<i>Annona cacans</i>	Annonaceae	complementar
árvore do bálsamo	<i>Styrax pohlii</i>	Styracaceae	peculiar
bico de pato	<i>Machaerium aculeatum</i>	Fabaceae	complementar
branquinho	<i>Sebastiania brasiliensis</i> <i>Sebastiania edwalliana</i> <i>Sebastiania klotzschiana</i>	Euphorbiaceae	peculiares
cabreutinga	<i>Cyclolobium vechii</i>	Fabaceae	complementar
canela do brejo, massaranduba	<i>Persea major</i>	Lauraceae	peculiar
canela preta	<i>Nectandra mollis oppositifolia</i>	Lauraceae	complementar
cambuí do brejo	<i>Eugenia blastantha</i>	Myrtaceae	peculiar
canafistula	<i>Cássia ferruginea</i>	Caesapiniaceae	complementar
capororoca	<i>Rapanea lancifolia</i> <i>Rapanea lineata</i>	Myrsinaceae	peculiar
carrapeta, marinheiro	<i>Guarea kinthiana</i>	Meliaceae	peculiar
casca de anta, caataia, paratudo	<i>Drymis brasiliensis</i>	Winteraceae	peculiar
cássia candelabro	<i>Senna alata</i>	Caesalpiniaceae	peculiar
cedro do brejo	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	peculiar
congonha	<i>Citronalia gongonha</i>	Icacinaceae	complementar
embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i>	Cecropiaceae	complementar
embira de sapo	<i>Lonchocarpus muehibergianus</i>	Fabaceae	complementar
figueira branca	<i>Ficus insipida</i>	Moraceae	complementar
fruta de pombo	<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae	peculiar
genipapo	<i>Ganipa americana</i>	Rubiaceae	peculiar
gerivá	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Palmae	complementar
goiabeira	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	complementar
grumixama	<i>Eugenia brasiliensis</i>	Myrtaceae	complementar
guanandi	<i>Calophyllum brasiliensis</i>	Guttiferae	peculiar
guaraiúva	<i>Securinaga guaraiuva</i>	Euphorbiaceae	complementar
ingá	<i>Inga fegifolia; Inga luschnatiana</i> <i>Inga marginata; Inga striata;</i> <i>Inga uruguensis; Inga vera</i>	Mimosaceae	complementares
ipê do brejo	<i>Tabebuia umbellata</i>	Bignoniaceae	peculiar
iricurana	<i>Alchornea iricurana</i>	Euphorbiaceae	complementar
jatobá	<i>Hymanea courbaril</i>	Caesalpiniaceae	complementar
leiteira, pau de leite	<i>Sapium bigiandulosum</i>	Euphorbiaceae	complementar
mamica de porca	<i>Zanthoxylum riedeliainum</i>	Rutaceae	complementar
maria mole	<i>Dendropanax cuneatum</i>	Araliaceae	peculiar
marinheiro	<i>Guarea guidonia</i>	Meliaceae	peculiar
marmelo bravo	<i>Prunus sellowii</i>	Rosaceae	complementar

Nome vulgar	Nome científico	Família	Observações
mulungu	<i>Erythrina falcata; Erythrina speciosa</i>	Fabaceae	complementar
paineira	<i>Chorisia speciosa</i>	Bombacaceae	complementar
palmito branco	<i>Euterpe edulis</i>	Palmae	complementar
passuaré	<i>Sclerobium paniculatum</i>	Caesalpiniaceae	complementar
pau d'alho	<i>Galesia integrifolia</i>	Phytolaccaceae	complementar
pau d'óleo	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Caesalpiniaceae	complementar
pau de lança	<i>Terminalia triflora</i>	Combretaceae	peculiar
pau de viola	<i>Citharexylum myrianthum</i>	Verbenaceae	peculiar
peroba d'água	<i>Sessea brasiliensis</i>	Solanaceae	peculiar
pindaíba	<i>Xylopia brasiliensis</i> <i>Xylopia emarginata</i>	Annonaceae	peculiar
pinha do brejo	<i>Talauma ovata</i>	Magnoliaceae	peculiar
suinã	<i>Erythrina crist-galli</i>	Fabaceae	peculiar
taiúva	<i>Chlorophora tinctoria</i>	Moraceae	complementar
tapiá mirim, caixeta	<i>Alchornea triplinervia</i>	Euphorbiaceae	complementar
tarumã	<i>Vitex megapotamica</i>	Verbenaceae	complementar
urucurana, sangue de drago	<i>Croton urucurana</i>	Euphorbiaceae	peculiar

Observação: Peculiares: que são características desse ecossistema encharcado e não ocorrem em locais mais secos. Complementares: que podem aparecer nos brejos, mas ocorrem preferencialmente em áreas com encharcamento temporário do solo, como nas matas ciliares, também conhecidas como ripárias ou de galeria, e até m florestas mais secas, onde nunca ocorre o encharcamento do solo

Fonte: Torres et al, 1992.