

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

FELIPE SORATTO MONTEIRO

**ANÁLISE GEOESPACIAL COMO SUBSÍDIO PARA PROPOSTA DE
ENQUADRAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS**

CRICIÚMA

2016

FELIPE SORATTO MONTEIRO

**ANÁLISE GEOESPACIAL COMO SUBSÍDIO PARA PROPOSTA DE
ENQUADRAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS**

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. MSc. Gustavo José Deibler Zambrano

CRICIÚMA

2016

FELIPE SORATTO MONTEIRO

**ANÁLISE GEOESPACIAL COMO SUBSÍDIO PARA PROPOSTA DE
ENQUADRAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheiro Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Criciúma, 23 de Junho de 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Gustavo José Deibler Zambrano – Mestre - Universidade do Extremo Sul Catarinense –
UNESC - Orientador

Prof. Jader Lima Pereira – Mestre - Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC

Prof^a. Nadja Zim Alexandre – Mestre - Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC

**À minha mãe Jucemeri Soratto e ao meu pai
Gilmar Monteiro que sempre fazem tudo o que
podem para contribuir em minhas realizações. A
eles todo meu Respeito, Amor e Gratidão.**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me proporcionar este momento tão sonhado em minha vida, sempre com esperança e fé de que tudo se tornaria realidade.

A minha mãe Jucemeri e meu pai Gilmar que sempre estiveram ao meu lado nestes anos de faculdade e que sentiram junto comigo as dificuldades, alegrias, tristezas, euforias e as sensações inexplicáveis que um curso de graduação possa ter.

A minha vó Ema por tudo o que fez e continua fazendo por mim e por todos seus netos e filhos, sempre pronta para ajudar no que for preciso.

As minhas tias Jucilda e Maristela que acompanharam a minha trajetória durante a faculdade e sempre se colocaram à disposição para me auxiliar.

A minha prima e parceira de conversas da vida Priscila, lembro das nossas conversas, das nossas caminhadas e nossas loucuras de aventureiros. Tudo isso só soma, não, só multiplica no crescimento como pessoa e profissional.

Aos meus amigos Everton, Lucas, Artur, Rodrigo e Leonardo que ao longo dessa etapa da minha vida me fizeram muito bem, com boas risadas, conversas e vários ensinamentos para minha formação se tornar ainda mais completa.

As minhas amigas de curso Karina, Maria Letícia e Rahisa que sempre estiveram presentes nos momentos de estudos e também nos momentos de descontração e brincadeira, fazendo com que os dias na universidade se tornassem melhores.

Aos amigos Ezequiel e Vera que apesar de o contato ter ficado distante a amizade ainda permanece a mesma, lembro muito das nossas risadas, conversas e trapalhadas.

Ao meu professor orientador Gustavo por ter conseguido me guiar na realização deste trabalho, foram várias mensagens enviadas para tirar dúvidas e sempre fui atendido com atenção. Em especial tem o meu respeito pelo profissional que é, sempre repassando suas dicas e ouvindo as nossas.

A diretora de Fiscalização e Licenciamento Ambiental Michelle, por tudo o que fez por mim e toda a confiança depositada em meu trabalho, ótima profissional e melhor ainda como pessoa.

A Fundação do Meio Ambiente de Criciúma que me acolheu muito bem como estagiário e depois como funcionário, local ótimo de se conviver onde todos têm a função de se ajudar e melhorar cada vez mais.

Aos professores Jader e Nadja que aceitaram formar a banca para análise e avaliação deste trabalho.

A todos os professores do curso de Engenharia Ambiental que com maestria puderam repassar todos seus conhecimentos acadêmicos para que tivesse uma ótima formação profissional e pudesse exercer tal com a mesma maestria que me foi ensinada.

“Mais fácil me foi encontrar as leis com que se movem os corpos celestes, que estão a milhões de quilômetros, do que definir as leis do movimento da água que escoam frente aos meus olhos.”

Galileu Galilei

RESUMO

A resolução CONAMA 357 de 2005 estabelece classes de usos para as águas em território nacional no âmbito da gestão e planejamento dos recursos hídricos. O enquadramento é definido de acordo com os usos preponderantes, ou seja, a classificação não é baseada na qualidade atual do rio, mas sim na condição que se deseja alcançar para cada trecho da rede hidrográfica. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos através da norma nº 091 de 2008, estabelece os procedimentos que devem ser adotados em estudos que visam propostas de enquadramentos de cursos de água. O geoprocessamento é uma das ferramentas essenciais para a realização destas propostas, pois com o uso do ambiente SIG se pode espacializar os cursos de água, bem como todas as possíveis interferências que este sofre. O estudo em questão foi uma aplicação do enquadramento e como área de análise foi adotada a microbacia hidrográfica do Rio do Cedro, localizada no município de Criciúma – Santa Catarina. A metodologia consistiu em consultas a bases bibliográficas, escolha de critérios relacionados com os cursos de água, técnicas de processamento digital de imagens e geoprocessamento em ambiente SIG. Isso foi necessário para que a abordagem multicriterial culminasse na elaboração da proposta de enquadramento dos corpos hídricos. As informações foram trabalhadas dentro do *software* ArcGIS® 10.1, padronizando-se os *data*, efetuando o recorte das informações para a área de estudo e elaboração de mapas por critérios. Após o tratamento dos dados, estes foram categorizados em 5 classes de acordo com suas características ambientais, físico territoriais e socioeconômicas. Procedeu-se assim a sobreposição das informações, através da abordagem multicriterial, com base na equação de média ponderada. Como resultado final se obteve o mapa com o enquadramento dos corpos hídricos em classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. O modelo gerado teve que ser ajustado para que a proposta ganhasse o caráter instrumental de gestão e planejamento hídrico. Desta forma, a nova abordagem foi realizada com base em critérios como hierarquia hídrica, visita a campo, usos atuais, usos pretendidos e análise de imagem aérea. O enquadramento final apresentou que rios de cabeceiras atingiram classes de usos nas quais tem como função principal a preservação e equilíbrio da qualidade ambiental, enquanto os rios enquadrados em classe de uso 4 tiveram a representação de ambientes mais urbanizados e alterados por ação antrópica. Em análise quantitativa os rios pertencentes as classes mais restritivas (especial e 1) representam cerca de 57,72 %, rios de classe 2 representam 25,22 % e 17,05 % de rios com qualidade menos restritivas (classe 3 e 4), considerando a quilometragem dos corpos hídricos.

Palavras-Chave: Rios, Geoprocessamento, Análise Multicritérios.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Modelo Esquemático do Ciclo Hidrológico.....	18
Figura 02 – Diagnóstico dos Principais Usos da Água.	20
Figura 03 – Divisores Topográficos e Divisores Freáticos.	22
Figura 04 – Arranjos de Escoamento de Redes de Drenagem.	24
Figura 05 – Tipologias de Leitos Fluviais.....	26
Figura 06 – Padrões de Fisionomia de Canais.	27
Figura 07 – Classificação dos Cursos de Água.	31
Figura 08 - Método de Sobreposição de Dados em Ambiente SIG.	42
Figura 09 – Metodologia Adotada.....	43
Figura 10 – Mapa de Localização da Área de Estudo.	45
Figura 11 – Mapa de Hidrografia da Microbacia do Rio do Cedro.....	54
Figura 12 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Microbacia Rio do Cedro.	56
Figura 13 – Mapa de Zoneamento Microbacia Rio do Cedro.	60
Figura 14 – Mapa Geológico da Microbacia do Rio do Cedro.	63
Figura 15 – Mapa de Pedologia da Microbacia do Rio do Cedro.	66
Figura 16 – Mapa de Censo Domicílio da Microbacia do Rio do Cedro.	68
Figura 17 - Mapa de Empresas Licenciadas.....	70
Figura 18 – Metodologia para Definição do Enquadramento.	71
Figura 19 – Enquadramento dos Corpos Hídricos Preliminar.....	72
Figura 20 - Ordenamento hidrográfico segundo Strahler.....	73
Figura 21 – Trechos Rio do Cedro.	74
Figura 22 – Proposta de Enquadramento.....	75
Figura 23 – Balanço do Enquadramento de Corpos Hídricos.	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Distribuição de Água no Planeta.	17
Tabela 02 – Classificação Proposta por Schumm.	28
Tabela 03 – Classes e Usos dos Corpos Hídricos de Águas Doces.....	32
Tabela 04 – Bases Cartográficas Analisadas.	46
Tabela 05 – Uso e Ocupação do Solo da Microbacia do Rio do Cedro.	55
Tabela 06 – Zoneamento da Microbacia do Rio do Cedro.	57
Tabela 07 – Geologia da Microbacia do Rio do Cedro.	61
Tabela 08 – Pedologia da Microbacia do Rio do Cedro.	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Critérios Elencados como Base para o Enquadramento.....	47
Quadro 02 – Descrição das Categorias.	49
Quadro 03 – Análise Ponderada de cada Critério.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

APA – Área de Proteção Ambiental

CNRH – Conselho Nacional dos Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

FAMCRI – Fundação do Meio Ambiente de Criciúma

GPS – Sistema de Posicionamento Global

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPAT – Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PELD – Programa Ecológico de Longa Duração

SAD 69 – South American Datum of 1969

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIRGAS 2000 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

UNESCO – Organização das Nações Unidas pela Educação, Ciência e Cultura

UTM – Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 INTER-RELAÇÃO ENTRE ÁGUA DISPONÍVEL E USOS ANTRÓPICOS	17
2.1.1 Usos Múltiplos da Água	19
2.2 DRENAGEM FLUVIAL	21
2.2.1 Rede Fluvial	23
2.3 GEOMORFOLOGIA FLUVIAL	25
2.3.1 Tipos de Leito Fluvial.....	25
2.3.2 Canais Fluviais.....	26
2.4 ENQUADRAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS	30
2.4.1 Proposta de Enquadramento dos Corpos Hídricos.....	33
2.5 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	37
2.5.1 Sistema Geodésico	38
2.5.2 Sistema de Coordenadas	39
2.5.3 Análise Multicritérios.....	40
3 METODOLOGIA.....	42
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	44
3.2 BUSCA E ANÁLISE DE CRITÉRIOS	45
3.3 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS	47
3.4 PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS GEOESPACIAIS.....	48
3.4.1 Categorização das Bases Cartográficas.....	48
3.5 MAPA FINAL DE ENQUADRAMENTO	51
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	54
4.1 CATEGORIZAÇÃO DOS MAPAS	54
4.1.1 Uso e Ocupação do Solo	55
4.1.2 Zoneamento Urbano.....	57

4.1.3 Geologia	61
4.1.4 Pedologia	64
4.1.5 Censo Domicílio	67
4.1.6 Empresas Licenciadas	69
4.2 PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS	71
5 CONCLUSÃO.....	77
REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

A água é o recurso mineral de maior importância para a vida da humanidade e que possui usos múltiplos, desde abastecimento a população até atendimento aos processos industriais. Entende-se como uso prioritário aqueles que estejam diretamente ligados as pessoas, como saneamento básico, produção de alimentos, água potável para consumo e higiene básica pessoal.

As atividades industriais juntamente com o aumento populacional desordenado trouxeram consigo uma série de impactos negativos para os recursos hídricos, originando consequentes desequilíbrios da qualidade da água. O crescimento econômico por muitas vezes não considerou e ainda não considera os fatores ambientais (florestas, rios, animais), a falta de planejamento urbanístico, hídrico e ambiental, desta forma, torna-se comum a ocorrência de situações emergenciais como deslizamentos de terras, enchentes e escassez de água.

O Brasil possui uma infinidade de corpos hídricos superficiais impactados por atividades industriais e lançamento de efluentes de maneira irregular. O enquadramento da região Sul do Estado de Santa Catarina como XIV área crítica no quesito poluição industrial pelo Decreto Nº 85.206 de 25 de setembro de 1980 nos arremete a uma reflexão a respeito da higidez de nossos recursos hídricos. Inserido neste panorama, o município de Criciúma possui muitos de seus recursos hídricos contaminados devido a exploração de carvão mineral, lançamento de efluentes domésticos, pesticidas usados na agricultura, retificação e canalização de canais naturais.

O planejamento hídrico é uma forma de conter a poluição e de buscar maneiras para a preservação, assim será possível manter a boa qualidade sem que o crescimento econômico seja afetado significadamente. Para isso o País possui legislação específica que visa o enquadramento dos cursos hídricos em classes de uso, onde cada trecho do rio tem restrições quanto a sua utilização. Para alcançar este planejamento tem-se como ferramenta essencial o arcabouço jurídico.

O gerenciamento e proteção das águas jurisdicionais brasileiras é estabelecido na Lei Federal nº 9.433 de 1997, também conhecida como Política Nacional dos Recursos Hídricos. Isto é uma maneira de assegurar a preservação ambiental e manter a boa qualidade dos cursos de água para que assim possam servir para múltiplas utilidades. Como maneira de sistematizar estes usos o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA estabeleceu legalmente por meio da Resolução nº 357 de 2005 que os rios devem ser enquadrados conforme

seu uso, ou seja, estabeleceu-se uma classificação dos rios de acordo com a utilidade de cada um, sendo que cada classe tem suas restrições e expansões.

Este trabalho é focado em temáticas relacionadas aos recursos hídricos superficiais, caracterização e avaliação dos corpos de água por meio de tecnologias atuais de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica. Tem como objetivo principal a realização de uma proposta de enquadramento em classes de usos dos recursos hídricos superficiais conforme a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, utilizando técnicas de geoprocessamento na área que compreende a microbacia hidrográfica do Rio do Cedro, localizada no município de Criciúma, estado de Santa Catarina.

Foram delineadas as etapas para a concretização do objetivo estabelecido, assim os objetivos específicos deste trabalho são compostos por: a) Elencar os critérios para subsidiar o enquadramento das classes de uso e aplicação em mapas; b) Elaborar uma base de dados geoespaciais com os critérios estabelecidos; c) Elaborar mapas categorizados dos critérios elencados e realizar a sobreposição destes; d) Realizar análise multicritérios para a tomada de decisão perante a proposta de classificação dos rios; e) Elaborar o mapa final da rede fluvial da microbacia de acordo com as classes de uso sugeridas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A água se encontra distribuída por todo o planeta Terra podendo se encontrar nos três estados físicos da matéria (sólido, líquido, gasoso), bem como é essencial para a existência da vida, bem-estar humano e manutenção natural dos ecossistemas (CASTRO; LIMA; LOPES, 2007). Conforme Tundisi, J.; Tundisi, T. (2009) a água representa a existência das civilizações por sua dependência, visto que é através deste recurso mineral que se consegue realizar o cultivo de alimentos, abastecimento humano e atividades industriais em geral. Sendo vital para todas utilidades a água é considerada como fonte de sobrevivência.

O volume de água encontrada na Terra é sempre o mesmo, pois a sua quantidade não aumenta nem diminui (ciclo hidrológico). É apresentado por Tundisi, J.; Tundisi, T. (2009) na tabela 01, a distribuição das águas doces, salinas e no estado sólido.

Tabela 01 – Distribuição de Água no Planeta.

Distribuição de Água	Volume (km ³)
Oceanos	1.322.000.000
Gelos Polares e Calotas Polares	29.200.000
Águas Subterrâneas	24.000.000
Lagos de Água Doce	125.000
Lagos Salinos e Mares Interiores	104.000
Rios e Riachos de Águas Doces	1.200
Drenagem de Águas Doces de Superfície para os Oceanos	37.000
Precipitação Sobre os Oceanos	412.000.000
Precipitação Sobre os Continentes	108.000.000

Fonte: Tundisi, J. G. Tundisi, T. M. 2009.

A distribuição de água no planeta não é igual e equilibrada e portando há crises e descontroles com este recurso. Segundo Britto; Silva; Porto (2007) a superfície territorial do planeta Terra é coberta por 2/3 de água, sendo estes 97,5% localizado nos mares e oceanos caracterizando as águas salgadas e 2,5% caracterizando as águas doces, que se encontram em diferentes locais e estados físicos.

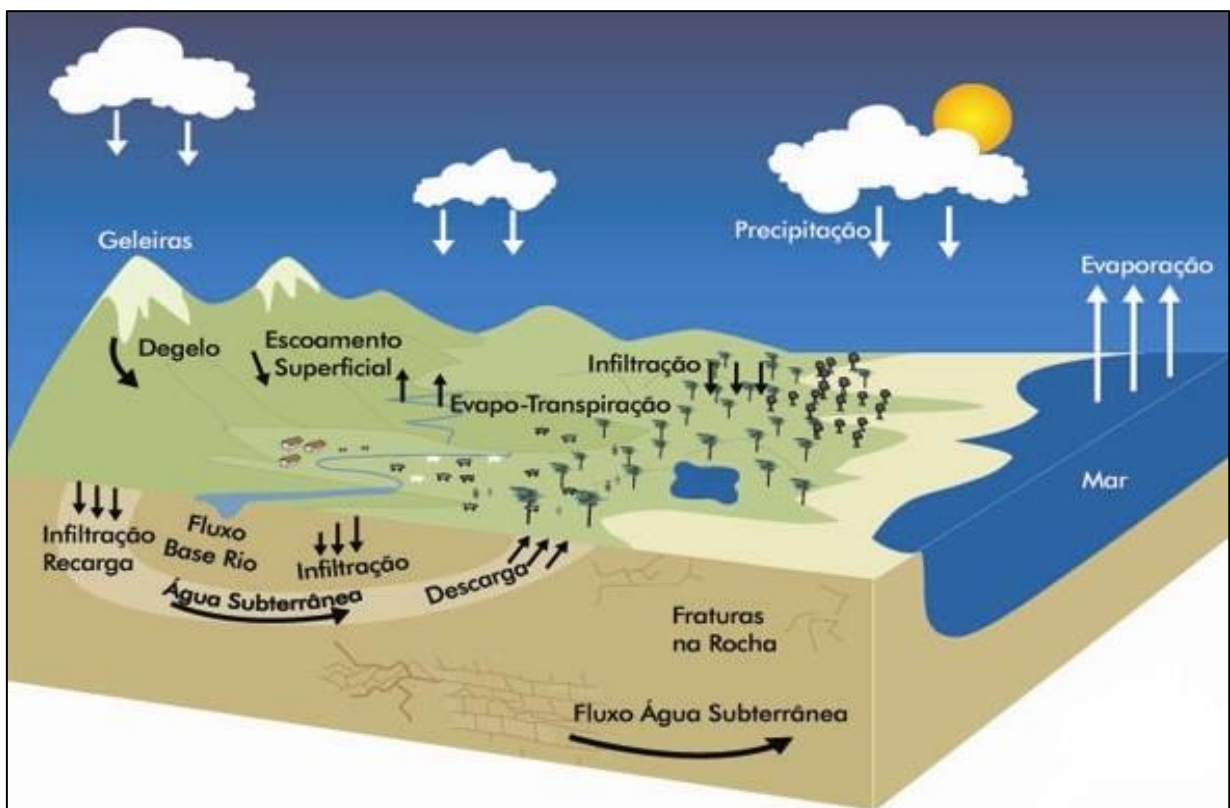
2.1 INTER-RELAÇÃO ENTRE ÁGUA DISPONÍVEL E USOS ANTRÓPICOS

A água que abastece o planeta está em constante movimentação, isto é chamado de ciclo hidrológico. O fluxo de águas nos oceanos, rios, riachos, subterrâneas e córregos só são

possíveis em virtude deste ciclo, que tem a responsabilidade de manter abastecido estas fontes hidrológicas para as suas diversas utilizações. No ambiente natural se pode encontrar água nos estados sólido, líquido e gasoso, caracterizando as etapas de movimentação de água no planeta, que são compostas pela precipitação, evaporação, transpiração, infiltração, percolação e drenagem (TUNDISI, J.; TUNDISI, T. 2009).

Este fenômeno (figura 01) é favorecido pela radiação solar e pela força gravitacional, para Tundisi, J.; Tundisi, T. (2009) a radiação solar é responsável pela evaporação das águas que se encontram na superfície ou nos espelhos d'água dos mares, lagos, oceanos e rios. A gravidade tem a função de fornecer diferentes formas de precipitação que são de grande importância para abastecimento das fontes hídricas da terra (CASTRO; LIMA; LOPES, 2007).

Figura 01 – Modelo Esquemático do Ciclo Hidrológico.



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2016.

O fenômeno de precipitação é considerado como sendo “a água proveniente do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre de qualquer forma, como chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geadas.” (PINTO et al, 1976, p. 7). A água que se encontra retida na forma gasosa (nuvens) quando atinge determinada dimensão e peso formam as gotículas que por gravidade chegam à superfície em forma líquida, caso em sua trajetória

atravesse zonas de temperaturas abaixo de zero formam-se partículas de gelo (granizo) e quando atravessar zonas de condensação abaixo do ponto de congelamento se origina a neve (PINTO et al, 1976).

A evaporação transforma a água para o estado gasoso através da radiação solar, os oceanos são responsáveis pela maior quantidade de evaporação pois as águas ficam diretamente em contato com os raios solares, entretanto os rios, lagos, riachos e solo também realizam esta transformação (TUNDISI, J.; TUNDISI, T., 2009).

O processo de devolução de água para a atmosfera que é realizado pelas plantas é chamado de transpiração, com a umidade existente no solo as plantas absorvem a água pelas raízes e as conduzem até suas folhas. A radiação solar e os ventos são fatores determinantes para que as plantas consigam liberar o líquido retido em suas folhagens para que seja transformado em vapor (CASTRO; LIMA; LOPES, 2007).

A medida em que a precipitação ocorre e atinge o solo inicia-se o processo de infiltração, este é simplesmente a absorção da água no solo e que é responsável pelo abastecimento dos aquíferos subterrâneos (CASTRO; LIMA; LOPES, 2007). A percolação é o processo em que a água que foi infiltrada é conduzida para as partes profundas do solo, até que encontre uma camada saturada (lençol de água) onde fica retida (TUNDISI, J.; TUNDISI, T., 2009).

Para Castro; Lima; Lopes (2007) a drenagem superficial ocorre quando os níveis de infiltração foram ultrapassados e as depressões já estejam preenchidas, o escoamento se direciona para os vales onde estão as redes fluviais e é capaz de carrear materiais sedimentáveis consigo.

2.1.1 Usos Múltiplos da Água

Os canais hídricos condicionaram grandes aglomerações populacionais que se instalaram e cresceram às suas margens. Ao mesmo tempo em que o homem necessita de água para sobrevivência este mediante as suas ações acaba contaminando este recurso natural, que por muitos anos foi considerado infinito (SUGUIO, 2006). Os cursos de água são contaminados devido:

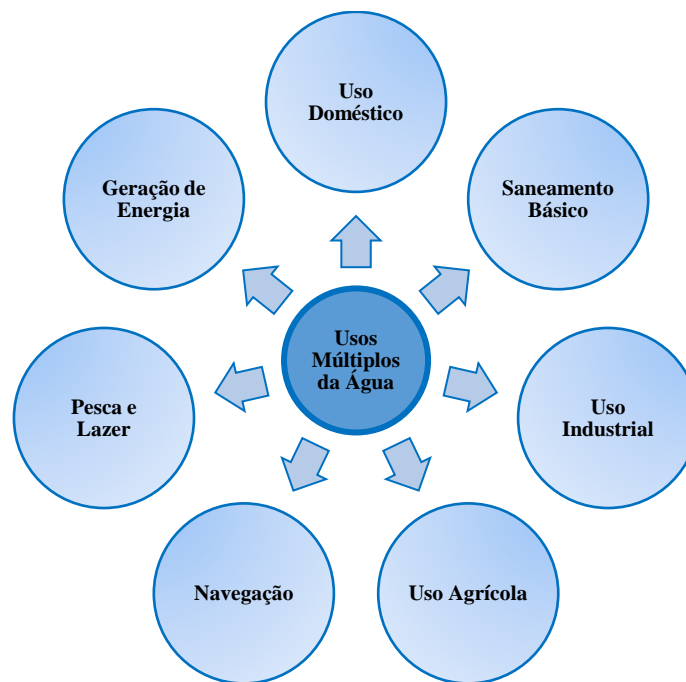
A diversificação de usos múltiplos, a deposição de resíduos sólidos e líquidos em rios, lagos e represas, e o desmatamento e ocupação de bacias hidrográficas têm produzido crises de abastecimento e crise na qualidade das águas. (TUNDISI, J.; TUNDISI, T., 2009, p.8).

Para Castro; Lima; Lopes (2007) o aumento populacional mundial propiciou um grande aumento de consumo de água com características de potabilidade para uso em atividades industriais, como resultado se tem um mau gerenciamento (usos descontrolados) e um planejamento urbano inexistente, refletindo na limitação deste recurso.

Atualmente em diversos locais do globo terrestre a água já é considerada escassa e inadequada para utilização humana no que se refere ao atendimento das necessidades básicas. Com altos índices de falta de água a preocupação é com a sua disponibilidade, onde já se pode considerar como sendo um dos mais valiosos bens minerais por ter alto valor econômico, estratégico e social (CASTRO; LIMA; LOPES, 2007).

Segundo Ministério do Meio Ambiente - MMA et al (2005) é apresentado na figura 02 os usos múltiplos da água.

Figura 02 – Diagnóstico dos Principais Usos da Água.



Fonte: Ministério do Meio Ambiente; Ministério da Educação; Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor; Consumers International. 2005. Adaptado pelo Autor. 2016.

Atualmente há uma grande preocupação quanto a falta de alimentos para a população mundial, essa insegurança faz com que países tendem a utilizar mais água para a produção dos alimentos. Conscientes desta necessidade a agricultura ganha força e usa grandes volumes de água, a produção de alimentos é um dos principais fatores de pressão sobre os recursos hídricos, sendo que seu uso é de aproximadamente 70% das águas doces disponíveis, sendo que países em desenvolvimento esta porcentagem pode elevar-se até 90% da disponibilidade (UNESCO, 2012). É preciso que se utilize novas maneiras de se produzir

alimentos sem que isto cause reflexos negativos nos cursos de água, o avanço de tecnologias mais modernas torna possível a busca de novas técnicas de irrigação de culturas (UNESCO, 2001).

A geração de energia por fontes consideradas limpas e renováveis é uma estratégia adotada por diversos países para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Em alguns países como o Brasil o uso da hidroeletricidade tem maior parcela na matriz energética (TUNDISI, J.; TUNDISI, T., 2009). A qualidade dos rios, lagos, lagoas e/ou represas interfere diretamente na utilização para a pesca e o lazer, visto que para a realização da primeira atividade a qualidade dos canais devem estar adequadas e enquanto ao lazer o requisito também se repete, pois se tem contato direto com as pessoas. A navegação pode ser utilizada como meio de transporte em rios que tenham vazões e profundidade que os tornem possível para tal atividade, as hidrovias navegáveis devem ser bem sinalizadas e as embarcações se encontrarem em bom estado (MMA et al, 2005).

A água é elemento essencial para as indústrias de maneira geral, sendo usada por exemplo para limpeza de máquinas, incorporação no produto e resfriador de processos. Para a Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura - UNESCO (2001) a indústria de papel e celulose, química, refinarias de petróleo, alimentícia e de produção metálica são as maiores consumidoras de água.

Para que a água possa ser consumida diretamente pelas pessoas ela deve passar por processo de tratamento, neste é retirado todas as impurezas da água tornando-a potável para consumo. Também serve para uso de higiene pessoal, lavagem de roupas, utensílios domésticos, dentre outros (MMA et al, 2005). Com o aumento da população há também aumento das águas residuárias, pelo fato de que “As ocupações urbanas são a principal fonte de contaminações pontuais.” (UNESCO, 2012, p. 5). Estas possuem altos índices de não tratabilidade, podendo alcançar em países subdesenvolvidos o lançamento de até 90% de esgoto sanitário nos cursos de água.

2.2 DRENAGEM FLUVIAL

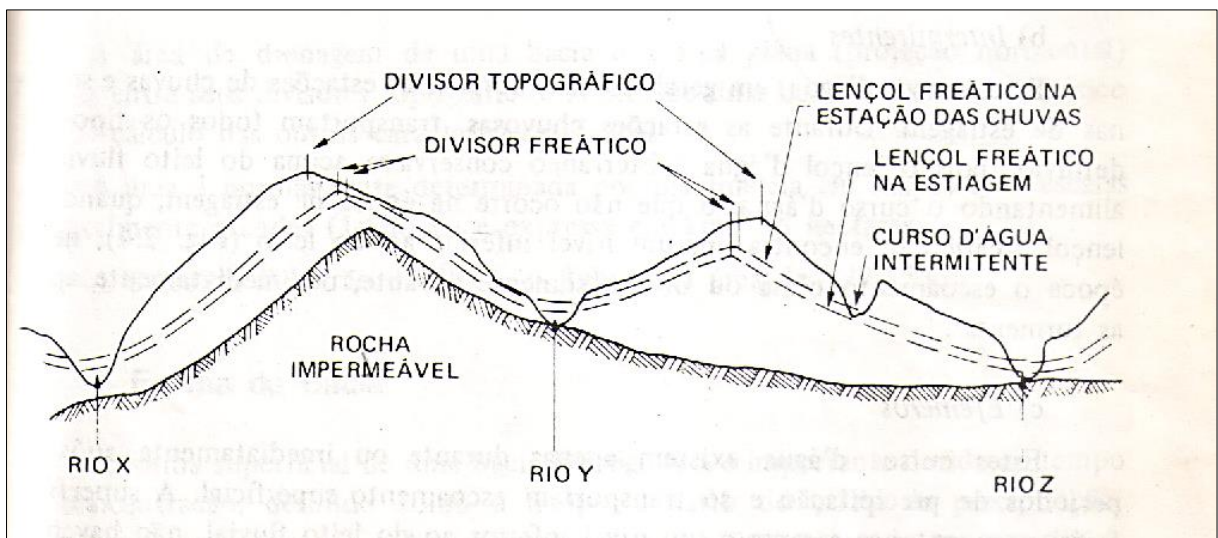
Bacia hidrográfica é uma área topograficamente definida responsável pela drenagem das águas superficiais, sendo que direciona as águas para uma saída comum (VILELLA; MATTOS, 1975). Podem possuir diferentes dimensões, esta característica não a desclassifica da denominação de bacia hidrográfica, na verdade as grandes bacias hidrográficas são compostas pelas sub-bacias e microbacias hidrográficas (CASTRO; LIMA; LOPES, 2007).

Para Valente; Gomes (2005) as águas provenientes de precipitação ao atingir o solo são encaminhadas aos córregos ou rios que compõem a rede hidrográfica da bacia, além deste escoamento as águas que atingem o solo também podem ser infiltradas ou evaporadas dentro dos limites topográficos da bacia.

As bacias hidrográficas são classificadas de acordo com o seu escoamento em: exorréicas, endorréicas, arréicas e criptorréicas. As bacias exorréicas são aquelas em que a rede fluvial esco a água de maneira contínua até o mar ou oceano. As bacias endorréicas são aquelas em que não desembocam diretamente no mar, podendo desaparecer no deserto ou se perdendo em depressões cársticas. As bacias arréicas possuem formação desestruturada de bacias hidrográficas, geralmente encontram-se em desertos onde a precipitação ocorrida é de nulo escoamento. As bacias criptorréicas se encontram no subsolo, caracterizando as bacias subterrâneas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Segundo Valente e Gomes (2005) a bacia hidrográfica é uma unidade natural e sua delimitação é conforme a topografia do terreno, de forma que se estabelecem linhas divisórias onde a precipitação esco para uma bacia e parte para as bacias vizinhas. A delimitação do divisor topográfico que é apresentado na figura 03 é válido quando considerado a divisão das águas de escoamento superficial através do relevo, quando tratar-se de águas subterrâneas os divisores nem sempre são alinhados, pois no subsolo há uma formação geológica diferenciada fazendo com que sejam distintas (VILELLA; MATTOS, 1975).

Figura 03 – Divisores Topográficos e Divisores Freáticos.



Fonte: Villela, S.; M. Mattos, A. 1975.

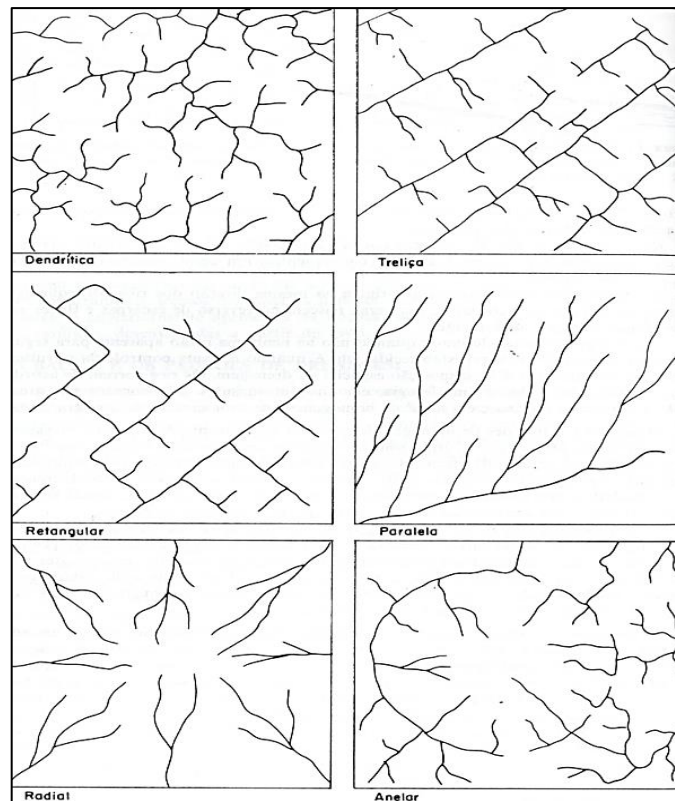
Para Castro; Lima; Lopes (2007) a bacia hidrográfica possui componentes característicos ao seu regime hidrológico, estes são a área de drenagem, área de contribuição dinâmica, forma das bacias hidrográficas, orientação, declividade e altitude.

A área de drenagem de uma bacia hidrográfica reflete o quão é sua capacidade de reter as águas provenientes da precipitação, dessa maneira quanto maior for a bacia hidrográfica maior será o escoamento superficial e a infiltração da água, contribuindo para o aumento de vazão da bacia. A área de contribuição dinâmica se localiza sobre o reservatório das águas de subsolo, desta forma sendo a parte mais baixa de uma bacia. O formato das bacias hidrográficas é um fator que interfere na velocidade de escoamento das águas coletadas superficialmente, considera-se que bacias com formato mais arredondado possuem escoamento com maior velocidade e as que mais se afastam desta característica possuem velocidade de escoamento menores. A orientação da bacia hidrográfica se refere a intensidade de radiação solar que a mesma recebe, como referência adota-se os pontos cardeais. A declividade é entendida apenas pela velocidade de escoamento da água superficial, visto que quanto mais inclinado for a bacia maior será o escoamento e menor a infiltração. Altitude da bacia refere-se à quantidade de raios solares que recebe, isto ocasiona reflexos em outros parâmetros como evapotranspiração, temperatura e precipitação (CASTRO; LIMA; LOPES, 2007).

2.2.1 Rede Fluvial

Os cursos de água estão distribuídos espacialmente no ambiente em formato de arranjos fluviais, assim caracterizam a rede de drenagem de uma bacia hidrográfica. Esta rede é responsável pelo escoamento das águas que venham a precipitar dentro dos limites topográficos da bacia, possuem diferentes formas de arranjos, sendo harmoniosos e deixando evidente a sua característica. A rede de drenagem pode ser classificada de acordo com a figura 04 em dentrítica, treliça, retangular, paralela, radial e anelar (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Figura 04 – Arranjos de Escoamento de Redes de Drenagem.



Fonte: Christofolletti, A. 1980.

A drenagem do tipo dendrítica é formada por conjuntos de ramificações que estão ligados a um rio principal, caracterizam-se por estarem distribuídos ao longo do terreno. A principal característica da drenagem treliça é que os rios principais estão em paralelo e seus afluentes geralmente realizam ângulos retos (CHRISTOFOLETTI, 1980). Para Cunha (2001) a drenagem retangular está relacionada com as condições estruturais e tectônicas das rochas, assim os canais hídricos possuem formato mais retilíneos e ângulos quase retos. A drenagem paralela possui os cursos de água fluindo lado a lado, geralmente são encontrados em locais com maior declividade e onde se encontram as nascentes dos rios. A drenagem radial é aquela em que os cursos de água tem um ponto central que se assemelham à forma de um raio. São subdivididos em duas categorias: a drenagem radial centrífuga que são drenagens que estão em um ponto central elevado, desta maneira não estando interligadas/convergindo e a drenagem radial centrípeta que é quando os cursos de água convergem em um ponto mais baixo. A drenagem do tipo anelar é comparada com anéis dos dendros de uma árvore, este tipo de drenagem ocorre em afloramento rochoso menos resistente (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A rede de drenagem é ordenada hierarquicamente conforme o grau de bifurcação ou ramificação dentro da bacia hidrográfica. Esta proposta de classificação foi realizada por Horton em 1945 e foi readequada por Strahler em 1952, onde se utilizou os tributários, as

dimensões e os afluentes como critérios (VILELLA; MATTOS, 1975). A hierarquia dos rios segue da seguinte maneira:

[...] os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores. E assim sucessivamente. (STRAHLER, 1952 apud CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 106).

O ordenamento dos canais hídricos torna-se importante pelo fato de que se pode identificar a qualidade e quantidade das águas em cada ramificação ou bifurcação, assim percebendo que rios de primeira ordem normalmente são riachos de pequena largura em terreno mais íngreme e a medida em que vão se interligando formam rios maiores e com diferentes usos (VILELLA; MATTOS, 1975).

2.3 GEOMORFOLOGIA FLUVIAL

O fluxo de água em canais abertos é possível pela atuação de duas forças externas: a gravidade e a fricção. A gravidade permite que as águas escoem de uma cota topográfica maior para uma menor, assim caracterizando uma rede hidrográfica. A fricção faz com que a velocidade das águas seja reduzida, isso ocorre pelas superfícies delimitantes do canal, nos rios “[...] essa resistência é exercida pelo leito e margens, e em menor proporção, pela interface água-ar.” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 2). Os processos fluviais são ocasionados por fatores naturais causados pelo escoamento de água ao longo do trecho, estes são: erosão, transporte e sedimentação de materiais ao longo de um rio (DURLO; SUTILI, 2005).

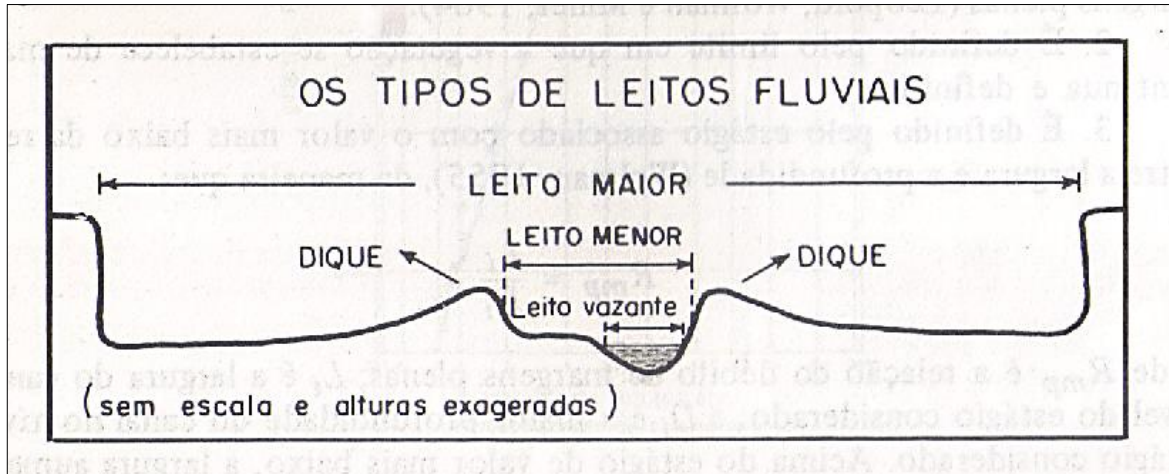
A fisiografia de um curso de água se refere ao conjunto de parâmetros como áreas, comprimentos, declividades, padrões e índices que expressam as características fluviais e que podem ser analisadas no local ou através de imagens aéreas, mapas e fotografias (SILVEIRA, 1993 apud DURLO; SUTILI, 2005).

2.3.1 Tipos de Leito Fluvial

O ambiente que é ocupado pelo fluxo natural dos canais hídricos é denominado de leito fluvial, a nível de classificação considerou-se fatores de descargas frequentes e topografia do canal. A classificação dos tipos de leito nem sempre é de fácil identificação, pelo fato de terem conceitos muito similares, segundo Tricard (1966) apud Cunha (2001) se dividem em

quatro tipos de leitos (figura 05): leito menor, leito de vazante, leito maior e leito maior excepcional.

Figura 05 – Tipologias de Leitos Fluviais.



Fonte: Christofolletti, A. 1981.

O leito menor é aquele que é ocupado fixamente pelas águas do recurso hídrico e possui margens bem definidas (CUNHA, 2001). Este leito é caracterizado por irregularidades geológicas, como trechos profundos seguidos de trechos mais rasos. O crescimento de vegetação nesse leito é impedido pelo fato de que sempre há fluxo de água em toda sua extensão (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O leito de vazante escoar seguindo o talvegue dentro do leito menor, ou seja, “equivale a parte do canal ocupada durante o escoamento das águas de vazante.” (CUNHA, 2001, p. 213). Para Christofolletti (1981) este leito é usado para escoamento de águas baixas.

O leito maior é aquele que em períodos sazonais de cheias ocupa uma área acima de suas margens, podendo ocorrer geralmente uma vez ao ano. A vegetação herbácea pode obter sucesso em sua colonização em tal leito em períodos de estiagem ou de vazões normais, fixadas ao leito menor do rio (CUNHA, 2001).

O leito maior excepcional é aquele que é ocupado pelas águas em períodos de grandes cheias, sua ocorrência é considerada irregular, desta forma pode ocorrer em intervalos de dezenas de anos (CUNHA, 2001).

2.3.2 Canais Fluviais

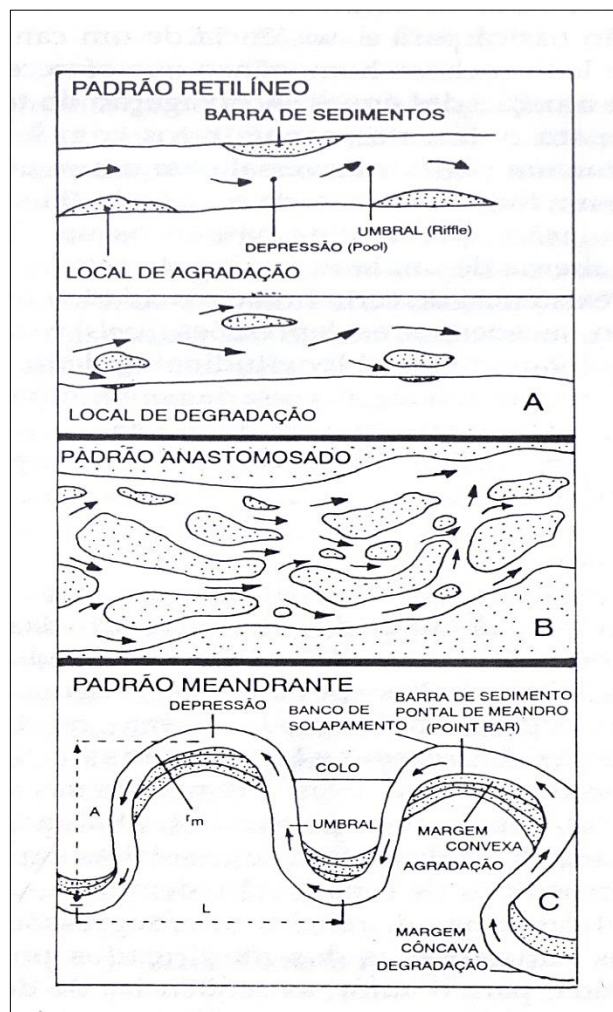
Um curso de água pode apresentar diferentes arranjos espaciais que se relacionam ao longo do canal, estes arranjos definem e caracterizam cada tipo de canal de acordo com sua

classificação. Esta é realizada por meio de parâmetros visuais superficiais do canal como também por aspectos que envolvem os processos fluviais (CHRISTOFOLETTI, 1981). Segundo Cunha (2001) a fisiografia do canal está inter-relacionada com variáveis como descarga líquida, carga sedimentar, declive, largura do canal, profundidade do canal, velocidade do fluxo de escoamento e a rugosidade do leito.

Para Christofolletti (1981) é de grande importância o conhecimento das características morfológicas do canal, bem como os processos que se referem as características de cada tipologia, visto que em planejamento de áreas que envolvam os canais hídricos naturais podem afetar diretamente a utilização da área.

Os canais são classificados de acordo com a fisionomia (figura 06) que exibe, desta forma atribuíram-se três classificações: retilínea, anastomosada e meândrica.

Figura 06 – Padrões de Fisionomia de Canais.



Fonte: Bigarella et al., 1979 apud Cunha 2001.

Para Schumm (1967) apud Cunha (2001) as diferentes sinuosidades são determinadas principalmente pela carga detrítica correspondente a granulometria que é transportada em cada trecho do rio, assim os canais meândricos possuem maior teor de silte e argila enquanto os canais anastomosados uma carga mais arenosa. O reconhecimento dos canais anastomosados quando analisados visualmente são de fácil percepção, no entanto canais retilíneos e meandantes exigem um pouco mais de cuidado na análise. Com isso em 1963 Schumm dividiu os canais fluviais de acordo com a sua sinuosidade (tabela 02), assim estabeleceu índices de sinuosidades para definição dos canais hídricos.

Tabela 02 – Classificação Proposta por Schumm.

Tipos	Valor do Índice
Meandantes	
Tortuosos	2,3
Irregulares	1,8
Meandros Regulares	1,7
Transicional	1,3
Retos	1,1

Fonte: Christofolletti, A. 1981.

Com esta classificação é possível distinguir o canal meandrante do reto, por meio da sua sinuosidade, parâmetro em que foi inserido valores e tem relação entre o comprimento do talvegue e comprimento do vale (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Os canais retos são aqueles em que o fluxo das águas percorrem o trajeto retilíneo, sem se desviar de sua trajetória normal. Os canais considerados retos são muitos raros na natureza e existem por causa de linhas tectônicas, como por exemplo uma falha geológica no relevo (CHRISTOFOLETTI, 1981). Segundo Cunha (2001) para ser considerado um canal reto o rio deverá ser no máximo 10 vezes o tamanho da largura, desta forma tornando uma raridade a ocorrência de um canal retilíneo.

Para Christofolletti (1981) um canal retilíneo não necessariamente possui o seu fluxo de águas reto, isso pelo fato de que há acumulação de carga detrítica às margens do canal. A formação de depressões e de soleiras ao longo das margens do curso de água tornam o fluxo do canal serpenteante, este é considerado padrão em curso de água retos.

Os canais anastomosados se caracterizam pela multiplicidade de canais atribuídos a um rio, este é subdividido em canais rasos e pequenos. Caracterizam-se por possuírem ilhotas

e bancos que são formados por material aluvial, em épocas de cheias estas características podem estar submersas (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Os canais anastomosados possuem variação de seu fluxo fluvial de acordo com o clima em que o rio está inserido,

[...] podem levar ao estabelecimento do padrão anastomosado, espelham as condições climáticas locais, a natureza do substrato, a cobertura vegetal e o gradiente. As precipitações concentradas e os longos períodos de estiagem (clima árido ou semi-árido) e as pesadas nevasdas e os degelos rápidos (clima frio) oferecem as melhores condições de clima local para assentamento de drenagem anastomosada. (CUNHA 2001, p. 217-218).

Os canais meandrantos possuem curvas sinuosas, largas, harmoniosas e semelhantes entre si, normalmente são cobertas por vegetação ciliar que a protege de erosões e deslizamentos de suas margens (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Em trechos retos do rio os canais são mais simétricos, rasos e com formação de umbrais. O perfil assimétrico é considerado na curvatura do rio, sendo que possui maior profundidade na margem côncava e profundidade suave na margem convexa (CUNHA, 2001). Esta assimetria nas margens do curso de água se dá pelo “[...] trabalho contínuo de escavação na margem côncava (local de maior velocidade da corrente) e de deposição na margem convexa (local de menor velocidade).” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 163).

Os canais possuem regimes de escoamento das águas diferenciados e é de grande importância que este fator seja levado em consideração quando se pensar em uso deste recurso, estes podem ser classificados em rios perenes, rios intermitentes e rios efêmeros (DURLO; SUTILI, 2005).

O escoamento permanente do fluxo de água no canal, independentemente da estação do ano e períodos de precipitação, o caracteriza como rio perene (DURLO; SUTILI, 2005), estes rios são continuamente alimentados pelo lençol freático (VILELLA; MATTOS, 1975). Os rios intermitentes são aqueles em que no período de estiagem não possuem escoamento superficial, pois nessa época do ano o lençol freático se encontra abaixo do nível do canal. Em períodos chuvosos estes rios voltam a possuir escoamento superficial tanto por causa do aumento das chuvas como pela elevação do nível de água no freático (VILELLA; MATTOS, 1975). Os rios efêmeros são considerados os trechos em que o escoamento superficial de águas é alimentado exclusivamente, durante ou após o período de precipitação, visto que o nível do lençol subterrâneo nunca aflui em contribuição hídrica para o rio (BRASIL, 2012).

2.4 ENQUADRAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A qualidade dos cursos de água deve-se principalmente ao uso territorial que os envolve, como a presença de vegetação, urbanização, degradação do solo dentre outros aspectos. Estes são refletidos nos recursos hídricos através de ações como lançamento de efluentes, desmatamento de mata ciliar, deposição de resíduos e rejeitos em suas margens, dentre outras ações que afetam de forma negativa os rios. (MARINATO, 2008; TEDESCO, 2009 apud GALLINA, 2014).

De acordo com a Lei Federal nº 9.433 de 1997 que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos, em seu artigo 5º, inciso II, estabelece como instrumento o enquadramento em classes os cursos de água segundo os seus usos preponderantes. O termo “Preponderar significa ter mais influência ou importância, predominar, prevalecer.” (ANA, 2009, p. 26). Com base neste conceito é que a classificação se torna uma ferramenta de planejamento hídrico potente, visto que indicará quais rios terão determinados usos e quais seus parâmetros de qualidade (ANA, 2009). O gerenciamento das águas brasileiras tem como fonte legal para o estabelecimento de classes aos corpos de água a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 que institui o enquadramento dos recursos hídricos referente aos seus usos preponderantes (AMARO, 2009).

Segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 é definido como enquadramento o “estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;” (BRASIL, 2005, p. 2). A atribuição de classes (figura 07) para os rios impõem limites e condições para seu uso, desta forma a classificação é de grande avanço no que se refere a planejamento e gerenciamento de recursos hídricos (FERREIRA; PEREIRA, 2014).

Figura 07 – Classificação dos Cursos de Água.

USOS DAS ÁGUAS DOÇES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA				
		ESPECIAL	1	2	3	4
PRESERVAÇÃO DO EQUILÍBRIO NATURAL DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS		Mandatório em UC de Proteção Integral				
PROTEÇÃO DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS			Mandatório em Terras Indígenas			
RECREAÇÃO DE CONTATO PRIMÁRIO						
AQUICULTURA						
ABASTECIMENTO PARA CONSUMO HUMANO		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento conv. ou avançado	
RECREAÇÃO DE CONTATO SECUNDÁRIO						
PESCA						
IRRIGAÇÃO			Hortalças consumidas cruas ou frutas ingeridas com película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins e campos de esporte	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
DESSEDENTAÇÃO DE ANIMAIS						
NAVEGAÇÃO						
HARMONIA PAISAGÍSTICA						

Fonte: Agência Nacional de Água, 2013 e Costa 2011. Adaptado pelo Autor, 2016.

O enquadramento dos recursos hídricos é uma forma de fundir a sustentabilidade e o crescimento econômico, de maneira que são definidos usos múltiplos com vistas à preservação ambiental sem influenciar de maneira significativa na economia (FERREIRA, 2011). A Agência Nacional das Águas – ANA (2009) tem a visão de que a classificação dos cursos de água é um instrumento de planejamento hídrico e ambiental, tal que, busca melhorar a qualidade das águas estabelecendo metas progressivas de qualidade e mantendo as que são consideradas de boa qualidade.

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005, define o enquadramento para as águas doces (salinidade igual ou inferior a 0,5 %), salgadas (salinidade igual ou superior a 30 %) e salobras (salinidade entre 0,5 % e 30 %). As águas doces são classificadas de acordo com a qualidade a ser alcançada em aos seus usos preponderantes, desta forma foi estabelecido cinco classes conforme apresenta a tabela 03.

Tabela 03 – Classes e Usos dos Corpos Hídricos de Águas Doces.

Classificação dos Recursos Hídricos	
Classes	Usos Preponderantes
Classe Especial	<p>Ao abastecimento humano após desinfecção.</p> <p>À preservação do equilíbrio natural de comunidades aquáticas.</p> <p>À preservação de recursos hídricos em território de unidades de conservação de proteção integral.</p>
Classe 1	<p>Ao abastecimento humano após tratamento simplificado.</p> <p>À proteção de comunidades aquáticas.</p> <p>À recreação de contato primário (natação, mergulho).</p> <p>À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rente ao solo e consumidas cruas sem remoção de película.</p> <p>À proteção da comunidade aquática em território indígena.</p>
Classe 2	<p>Ao abastecimento humano após tratamento convencional.</p> <p>À proteção de comunidades aquáticas.</p> <p>À recreação de contato primário (natação, mergulho).</p> <p>À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer, onde possa haver contato direto.</p> <p>À aquicultura e atividade de pesca.</p>
Classe 3	<p>Ao abastecimento humano após tratamento convencional ou avançado.</p> <p>À irrigação de espécies arbóreas, cerealíferas e forrageiras.</p> <p>À pesca amadora.</p> <p>À recreação de contato secundário (pesca, navegação).</p> <p>À dessedentação de animais.</p>
Classe 4	<p>À navegação.</p> <p>À harmonia paisagística.</p>

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/2005, artigo 4º. Adaptado pelo Autor.

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 destaca que para cada classificação que for atribuída aos cursos de água deve-se seguir os padrões de qualidade estabelecido em seus artigos, para águas doces, salobras e salinas. São definidos padrões de qualidade de acordo com a nobreza da utilização de cada recurso hídrico. Em virtude disto se tem parâmetros mais

restritos para água de classe especial do que águas de classe 4 em caso de águas doces e classe 3 em caso de águas salobras e salgadas.

Na proposta de classificação deve-se analisar a situação atual dos corpos de água, para isto é necessário a realização de análise/diagnóstico do canal fluvial e a partir disto estabelecer tomadas de ação para que se alcance ou se mantenha a qualidade desejada daquele trecho ou percurso (BRITES, 2010). Este processo de conhecimento é caracterizado pela ANA (2009) como o Rio que Temos, onde pode-se avaliar as condicionantes para os usos atuais serem mantidos e/ou usos preponderantes alcançados. Com análise do rio que temos é possível verificar se aquela situação está adequada para atender os usos múltiplos estipulados na resolução CONAMA nº 357 de 2005, caso não sejam, há a possibilidade de estabelecer metas para despoluição para atendimento dos referidos usos ou classifica-lo em um uso menos nobre no que tange à população e dessedentação de animais.

A participação popular nas tomadas de decisão para a proposta de enquadramento deve ser ampla, assim a equipe técnica responsável pela elaboração da classificação deve buscar meios de interação como oficinas de trabalho, reuniões e/ou encontros (CNRH, 2008). Com a participação da sociedade é definido o Rio que Queremos, este se refere aos usos pretendidos aos cursos de água (ANA, 2009).

No entanto a população pode não entender que determinados rios estão muito poluídos de forma que a sua despoluição para o uso estipulado demanda uma tecnologia com elevado custo e assim tornando inviável. Assim caracteriza-se o Rio que Podemos Ter, onde técnicos e especialistas que estão propondo o enquadramento adequam os usos pretendidos pela comunidade aos usos que realmente poderão ser desenvolvidos nos cursos de água (ANA, 2009).

2.4.1 Proposta de Enquadramento dos Corpos Hídricos

O procedimento estabelecido para a elaboração de uma proposta de enquadramento de rios é baseado na normativa legal do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos – CNRH, nº 91 de 2008, onde estabelece de forma geral as etapas para se obter o enquadramento. Segundo a resolução supracitada um recurso hídrico pode apresentar diferentes classificações em seu percurso, ou seja, pode ter trechos com classificações diferentes.

A realização da proposta de enquadramento é advinda de um processo de estudos referentes a unidade de planejamento dos recursos hídricos, este é dividido em cinco etapas:

diagnóstico, prognóstico, elaboração da proposta de enquadramento, análise e deliberações e implantação da proposta selecionada (ANA, 2009).

De acordo com Brites (2010) a etapa do diagnóstico tem como objetivo principal o levantamento de informações pertinentes para avaliação da situação atual da bacia hidrográfica, desta forma podendo identificar os impactos adversos relacionado as variadas formas de utilização dos recursos hídricos.

O levantamento da situação atual dos cursos de água é um diagnóstico de suma importância no momento da definição de classes, “o principal objetivo desta análise é o de verificar a que classes de qualidade (e respectivos usos) os corpos hídricos que serão enquadrados atendem a sua condição atual e no momento anterior ao enquadramento.” (ANA, 2009, p. 27). A partir disto será possível a avaliação do nível de dificuldade para se atingir as metas propostas para a classificação dos rios (ANA, 2009).

O diagnóstico busca o entendimento detalhado dos rios a serem enquadrados, por este fato é recomendado que o estudo contenha:

[...] a Caracterização geral da bacia hidrográfica; Aspectos jurídicos e institucionais; Aspectos socioeconômicos; Uso e ocupação atual do solo; Identificação das áreas reguladas por legislação específica e das áreas em processo de degradação; Usos, disponibilidade e demanda atual de águas superficiais e subterrâneas; Identificação das fontes de poluição pontuais e difusas atuais; Estado atual dos corpos hídricos, apresentando a condição de qualidade por trecho. (LEEUEWESTEIN; MONTEIRO 2000 apud GALLINA, 2014, p. 23).

A utilização de dados secundários serve para a identificação de parâmetros que interfiram na proposta de enquadramento dos rios, a exemplo disto tem-se os usos preponderantes pela comunidade, os usos atuais e as áreas que são reguladas por legislação específica (áreas de propriedade indígena, áreas de proteção ambiental). A busca por estes dados deve ser realizada em instituições que estão interconectadas com a qualidade, disponibilidade e preservação das águas, tais como órgãos gestores dos recursos hídricos, meio ambiente, abastecimento urbano e esgotamento sanitário. O conhecimento detalhado da bacia hidrográfica quanto as fontes de poluição pontuais tornam o processo de enquadramento mais preciso no que tange aos seus usos preponderantes (ANA, 2009).

Na etapa do prognóstico o Comitê de Bacia Hidrográfica ou o Conselho dos Recursos Hídrico realiza uma projeção referente ao crescimento da ocupação da bacia (COSTA; CONEJO, 2009). Para a Resolução do CNRH 91 de 2008 os programas de efetivação devem ser avaliados de acordo com a realidade regional considerando prazos de curta, média e longa

duração. De acordo com Costa; Conejo (2009) os órgãos gestores responsáveis pela projeção devem considerar prazos mais longos para regiões mais poluídas, pois este requer maior tempo de despoluição, podendo ser estabelecido um intervalo entre 10 e 30 anos.

As projeções da bacia hidrográfica a serem consideradas nas avaliações prognósticas incluem “ [...] projeções populacionais e das atividades econômicas; evolução de uso e ocupação do solo e seus impactos ambientais; evolução de uso, disponibilidade e demanda de água e seus impactos ambientais.” (BRITES, 2010, p. 9). Itens adicionais são apontados para o estabelecimento de uma boa avaliação, sendo estes:

[...] usos pretendidos dos corpos d'água; estimativa do crescimento populacional, das atividades industriais e agrícolas; escolha dos parâmetros prioritários para o enquadramento; vazão de referência para o enquadramento; evolução das disponibilidades e demandas de água e das cargas poluidoras; modelagem da quantidade e qualidade dos corpos hídricos, entre outros. (GALLINA, 2014, p. 21).

Deve-se identificar e considerar na projeção da bacia hidrográfica as áreas de ambientes lênticos (lagos, lagoas, represas), pois estes ambientes estão mais susceptíveis a poluição pontual e com autodepuração insuficiente, causando eutrofização e comprometendo o percurso do canal hídrico (ANA, 2009).

A etapa de elaboração de alternativas para o enquadramento é a avaliação do diagnóstico e prognóstico a fim de estabelecer a classificação dos rios. É importante identificar trechos que sejam homogêneos em relação aos usos pretendidos e atuais (ANA, 2009). Também devem ser apontados os trechos em situação de desconformidade com o planejamento hídrico local, o que pode causar conflitos perante seu futuro enquadramento (COSTA; CONEJO, 2009).

A verificação de corpos hídricos com baixa vazão de escoamento é essencial para classificá-lo ao uso pretendido, pois um rio com baixa vazão e alto nível de despejo de efluente fica restrito a determinados usos, mesmo com sistema de tratamento (ANA, 2009).

Para ANA (2009) os corpos de água que possuem suas nascentes dentro de uma unidade de conservação devem ser classificados como classe especial. No entanto rios que passam pela unidade de conservação e não tem suas nascentes na mesma, serão classificados de acordo com seus usos preponderantes. Em terras de proteção indígena os cursos de água que os atravessam serão enquadrados em classe 1 até seu limite, após este poderá haver outra classificação de acordo com seu uso.

As alternativas de enquadramento utilizam as projeções que foram desenvolvidas no prognóstico para relacionar os usos pretendidos com a situação atual da bacia, a situação prevista e classes de água (COSTA; CONEJO, 2009). Para o mesmo autor os cenários que foram elaborados em um plano de bacia são os mesmo para o enquadramento, cita ainda três exemplos básicos, o cenário tendencial, cenário adotado e cenário alternativo.

O estabelecimento de metas progressivas deve incluir todos os custos de implantação do programa, tanto para investimentos para despoluição de rios, para obras de saneamento e ações de gerenciamento da bacia (COSTA; CONEJO, 2009).

Na efetivação da proposta se deve estabelecer medidas para alcançar as metas de curto, médio e longo prazo que foram estipuladas na etapa anterior. A partir da identificação das tomadas de ação é necessário que sejam sistematizadas as informações para buscar alternativas para atingir os objetivos de forma viável, ou seja, considerando custos de implantação e definindo as ações prioritárias ou emergenciais (ANA, 2009).

Medidas de ação devem ser tomadas para o alcance da proposta de enquadramento, devendo atender as exigências dos usos por trechos.

Nos trechos em que a condição atual é pior do que a meta de enquadramento deverão ser realizadas ações de tratamento de efluentes, tais como: construção de Estações de Tratamento de Esgotos – ETE em indústrias, bem como, ações quanto ao tratamento de efluentes domésticos unitários em zonas rurais. Nos trechos em que a condição atual é igual ou melhor que a meta do enquadramento, deverão ser tomadas medidas que evitem a degradação de sua qualidade. Nesse caso, os instrumentos principais são o licenciamento, a outorga de lançamento de efluentes e o zoneamento ambiental (ANA, 2009).

Para o sucesso do enquadramento é necessário que haja participação de diferentes órgãos, instituições e empresas, sendo que estes atores convivem diretamente na bacia e tem a função de mantê-la ou atingir as metas de classificação que foram propostas (COSTA; CONEJO, 2009).

A avaliação da proposta de enquadramento e suas medidas de efetivação são aprovadas pelo comitê de bacia hidrográfica. O comitê toma como base de análise as propostas que incluem a viabilidade técnica, econômica, social e política para a implantação do programa. Caso seja necessárias alterações o comitê poderá solicitar mudanças para o grupo técnico que realizou a elaboração da mesma (ANA, 2009).

Após a seleção da proposta o comitê deve encaminhá-la, juntamente com seu plano de efetivação, para o Conselho que rege os domínios das águas da bacia hidrográfica. As propostas de enquadramento de rios com domínio da União deverão ser encaminhadas para o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e “ As propostas em corpos d’água de domínio do Estado ou do Distrito Federal devem ser encaminhadas para o Conselho Estadual ou Distrital de Recursos Hídricos [...]” (COSTA; CONEJO, 2009, p. 16). Posterior à análise e aprovação o Conselho deverá estabelecer legalmente a classificação dos trechos dos canais hídricos que compõem a bacia (COSTA; CONEJO, 2009).

Para Brites (2010) a implantação do programa de efetivação oferecerá ao órgão gestor da bacia hidrográfica e órgão de meio ambiente maneiras de monitorar, controlar e fiscalizar se as metas estabelecidas no enquadramento estão sendo cumpridas.

São instituídos mecanismos para que os rios atinjam a classificação que lhe foi atribuída no enquadramento. Tais mecanismos são o comando-controle que serve para fiscalizar fontes de poluição, outorgas de água e termos de ajustamento de conduta, o de disciplinamento territorial como zoneamento urbano e zonas de interesse ambiental e o econômico como cobrança para lançamento de efluentes e formas de redução da poluição (ANA, 2009).

O uso de indicadores para avaliação da qualidade da água é uma boa ferramenta de controle para acompanhamento das metas estabelecidas. Tais índices podem ser apresentados para a sociedade de maneira simplificada, assim comunicando o estágio do processo de adequação ao enquadramento realizado (COSTA; CONEJO, 2009).

2.5 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

A ferramenta de Sistema de Informação Geográfica - SIG é definida como sendo “um sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referidos espacialmente na superfície terrestre.” (ROSA; BRITO, 1996, p. 8).

O SIG tem como funcionalidade a elaboração de produtos que venham a ser usados para tomada de decisões como mapas, relatórios e arquivos digitais. São muito aplicados em planejamento ambiental e urbano, visto que contribuem para constatações espaciais do local em que se está trabalhando (SILVA, 2007).

O conceito de mapa é definido como sendo uma:

Representação dos aspectos físicos naturais ou artificiais, ou aspectos abstratos da superfície terrestre, numa folha de papel ou monitor de vídeo, que se destina para fins

culturais, ilustrativos e para análises qualitativas ou quantitativas genéricas. Geralmente é concebido em escalas pequenas. (LOCH, 2006, p. 36).

A representação dos mapas é definida pela sua estrutura que é composta por dados vetoriais e dados raster. A estrutura vetorial é aquela em que se tem representação de pontos e polígonos (que são as coordenadas x,y), e a estrutura raster é definida como a representação gráfica dos atributos que estão armazenados em arquivo que se encontram unificados. A representação desta estrutura em tela de vídeo é denominada de pixel, que nada mais é do que a imagem sendo representada de maneira quadriculada (SILVA, 2007).

A sistematização e sobreposição de informações referente ao enquadramento dos recursos hídricos em ambiente SIG possibilita a manipulação de grande volume de dados, assim correlacionando a rede fluvial e classes de usos. Com a ferramenta do geoprocessamento é possível sobrepor diferentes critérios e obter uma avaliação mais ampla, possibilitando a identificação de pontos de maior ou menor conflitos referentes aos rios e como estes podem ser superados (SANTOS; CAMARGOS; SERPA, 2007).

De acordo ANA (2009) o enquadramento final dos cursos de água deve ser apresentado em forma de mapas, assim permitindo a espacialização das informações que foram analisadas. A definição para a classificação de cada trecho do rio em relação aos seus usos atuais e preponderantes são realizados através do cruzamento dos critérios com a rede hidrográfica, desta maneira é de grande importância o uso da ferramenta de geoprocessamento.

2.5.1 Sistema Geodésico

Ao longo da história sempre houve estudos para a compreensão do real formato do planeta, estudiosos já atribuíram diferentes formas físicas de acordo com a sua teoria de pesquisa. Pitágoras (6º séc. A.C.) e Aristóteles (4º séc. A.C.) definiram a terra como uma esfera, em contrapartida Newton (séc. XVII) considerou-a em formato elipsoidal, por fim Gauss (séc. XVIII) definiu que a melhor forma de descrever o planeta é o geoidal (ROCHA, 2002).

O géoide pode ser definido como:

Uma superfície ondulada e não possui uma forma matemática ou geométrica conhecida. Ele não pode, portanto, ser usado como uma superfície de referência para o posicionamento de pontos da superfície topográfica, embora possa ser usado como uma superfície de referência para as altitudes. *O geóide é a superfície de nível usada para apresentar a forma da Terra. Ele é considerado como uma superfície de nível de altitude igual a zero e coincidente com o nível médio dos mares.* (ROCHA, 2000, p. 22).

A superfície de referência para elaboração de estudos e análises que envolvam parâmetros de posição, distância, direção e outros fatores cartográficos é a forma do elipsóide. Esta representação é a que mais se aproxima de um geóide (ROCHA, 2002).

Para conseguir formular modelos matemáticos que pudessem representar de forma mais adequada a real superfície da terra foi definido o Datum Geodésico. Este sistema é a correlação entre a superfície de referência (elipsóide) e a forma real da terra (geóide), assim o datum é a representação da superfície terrestre que é usada para levantamentos cartográficos georreferenciados (FITZ, 2008).

Existem diferentes superfícies de referência espacial, desta forma o sistema geodésico é adequado para cada região específica do planeta. No Brasil o datum de referência usado por muito tempo foi o South American Datum of 1969 - SAD 69, que foi entendido como a melhor adaptação ao continente americano (ROCHA, 2002).

Entretanto com o avanço de precisão locacional advindo das técnicas do Sistema de Posicionamento Global – GPS, buscou-se uma compatibilidade do sistema geodésico brasileiro para tal precisão. O projeto elaborado para esta adaptação foi o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas SIRGAS2000, que teve dimensões para o continente sul americano e foi adotado pelo Brasil através do Decreto Federal nº 5.334 de 2005, aprovado pelo IBGE (RAMOS, 2006).

2.5.2 Sistema de Coordenadas

Com o intuito de estabelecer localizações pontuais no globo terrestre foi criado as coordenadas geográficas, estas são linhas imaginárias que são representadas em mapas e cartas cartográficas. Os meridianos e paralelos são as linhas de localização geográfica da terra, onde a cada interseção encontrada caracteriza o ponto de suas coordenadas, estas são apresentadas em graus (°), minutos (′) e segundos (″). Este é o mais antigo sistema de coordenadas (ROSA; BRITO, 1996).

As coordenadas meridianas “são as linhas que passam através dos pólos e ao redor da Terra, ou seja, são círculos máximos da esfera cujos planos contêm o eixo de rotação ou eixo dos pólos.” (ROSA; BRITO, 1996, p. 26). Como ponto de partida para esta linha foi escolhido o observatório de Greenwich na Inglaterra, desta forma a leste do ponto inicial valores crescentes até 180° e a oeste valores decrescentes até -180°. Os paralelos são linhas perpendiculares ao eixo dos polos, dividem o planeta em dois hemisférios. O ponto inicial se

encontra no País do Equador, sendo que são valores crescente ao norte até 90° e valores decrescente ao polo sul até -90° (ROSA; BRITO, 1996).

O sistema de coordenadas plana Universal Transversa de Mercator – UTM foi criado em 1569 pelo belga Gerard Kremer (traduzido para o latim *Gerardus Mercator*) e em 1866 foi projetado por Gauss para representação elipsoidal terrestre. Para o aperfeiçoamento do sistema, Krüger retomou “os estudos de Gauss, estabeleceu tal projeção em sistemas parciais, compostos por fusos, desenvolvendo a projeção de Gauss- Krüger.” (ROCHA, 2000, p. 31), onde a distância entre os meridianos foi de 3° de amplitude. O sistema Gauss-Tardi foi elaborado por Tardi, em que expandiu a amplitude dos fusos para 6° (ROCHA, 2002).

De acordo com Ramos (2006) os fusos se iniciam no ante-meridiano, ou seja, na linha correspondente a 180°. Assim foram estabelecidos 60 fusos com 6° de amplitude identificadas numericamente e contadas a partir da origem e uma subdivisão dos fusos em hemisfério norte e sul com 4° de amplitude com base na linha do Equador.

2.5.3 Análise Multicritérios

A tomada de decisão é uma ação que tem impacto significativo nas questões em que se está trabalhando (ambiental, social, jurídica, etc). Uma metodologia elaborada entre as décadas de 70 e 80 considera uma avaliação de diversos critérios para a tomada de decisões, a chamada análise multicritério (FREITAS; MARINS; SOUZA, 2006).

Para Portes (2008) o planejamento ambiental tem sido muito utilizado para a tomada de decisão por satisfazer as partes interessadas, isto é, ações que tenham como objetivo a preservação do ambiente natural (solos, rios, vegetação) e o crescimento econômico de maneira sustentável.

De acordo com Freitas; Marins; Souza (2006) problemas com difícil resolução devem se utilizar da ferramenta multicritério para que se possa observar diferentes pontos de vista e buscar a melhor solução possível. Sendo que este tipo de análise tem uma visão mais holística do problema e uma base fundamentada em critérios para a solução do mesmo. Para Moura (2007) a metodologia de multicritérios é usada no geoprocessamento para a construção de um SIG mais consistente no que tange a busca de um resultado mais concreto, ou seja, a elaboração de trabalhos neste ambiente proporciona a escolha de diversos critérios para as análises espaciais.

A sobreposição de diferentes informações “[...] baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda [...]” (MOURA, 2007, p. 3). Sendo assim quando aplicado ao geoprocessamento de dados espaciais a análise multicritério é baseada na escolha de um conjunto de variáveis e pesos, estes estarão relacionados no final do trabalho.

A transformação de dados qualitativos para quantitativos é de grande avanço no sentido de que se pode mensurar a importância de cada critério que foi usado. Por fim cada critério tem um peso sobre o resultado final, no entanto, se deve atribuir pesos nos critérios escolhidos antes que haja o cruzamento final. A atribuição de pesos de importância para cada critério é considerada subjetiva, por este fato deve-se ter comprometimento com a atribuição individual de cada critério escolhido, pois este determinará qual peso terá no final do trabalho (MOURA, 2007).

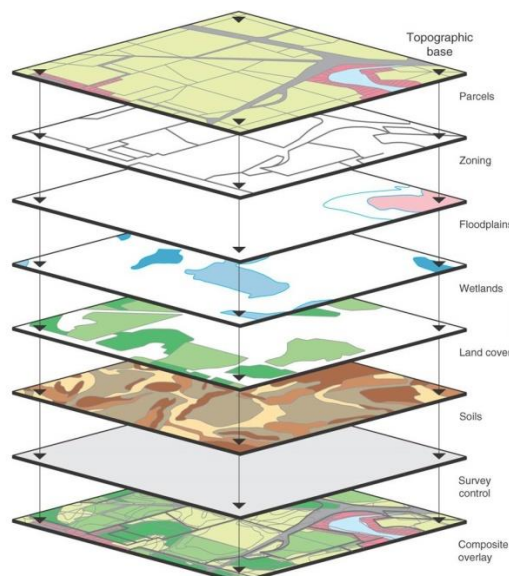
3 METODOLOGIA

A realização de qualquer trabalho científico é considerada uma pesquisa, neste sentido torna-se necessário identificar/classificar a pesquisa em questão. O presente trabalho é classificado segundo Moresi (2003) em pesquisa aplicada, pois tem como objetivo a aplicação dos conhecimentos de uma pesquisa básica para a resolução de problemas específicos e possui uma abordagem qualitativa pelo fato de que serão coletados e analisados dados descritivos, visuais e de propriedade do pesquisador tendo como resultados as análises indutivas.

Em relação aos fins da pesquisa de acordo com os objetivos propostos, a mesma está enquadrada como pesquisa descritiva, pois serão destacadas as características do ambiente natural em estudo, estabelecendo cenários entre a situação atual e a futura. A coleta de dados é característica deste tipo de pesquisa, em que os dados serão obtidos por meio de análise espacial. O estudo ainda possui o caráter de levantamento e uso de informações quantitativas, desta forma obtendo-se uma visão ampla da problemática estudada (GIL, 2002).

O diagnóstico da proposta de enquadramento é baseado no método de sobreposição “*overlay*” de áreas, que são informações disponíveis em sistema SIG e que podem ser trabalhadas de forma localizada em uma área geográfica específica (figura 08). Tal método subsidia-se nas premissas do geoprocessamento que segundo Medeiros; Câmara; Davis (2001) é a representação do espaço geográfico a partir de técnicas computacionais e matemáticas que são fornecidas pelo sistema SIG, efetuou-se a sobreposição ou cruzamento espacial das bases de dados para a área em estudo.

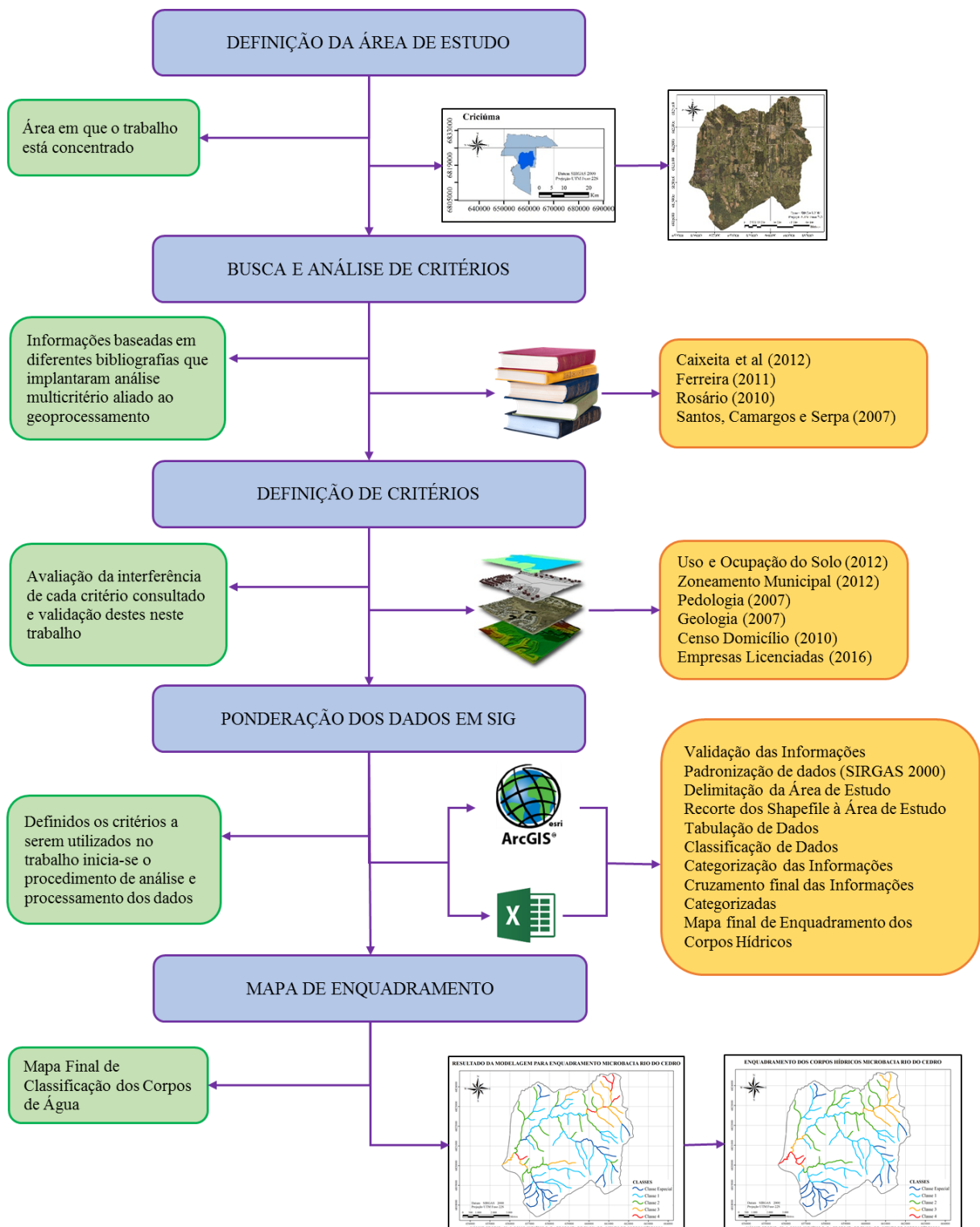
Figura 08 - Método de Sobreposição de Dados em Ambiente SIG.



Fonte: Studio GeoBlu, 2016.

A abordagem multicritério foi inserida como ferramenta decisiva na proposta de classificação dos recursos hídricos por ter grande aceitação no meio científico, e porque sua equação expressa de maneira mais apropriada a realidade estudada. A metodologia elaborada para a realização deste estudo é apresentada na figura 09.

Figura 09 – Metodologia Adotada.



O geoprocessamento aplicado em propostas de enquadramento de recursos hídricos em conjunto com a análise multicritério evidencia a convergência de tais metodologias e sua possível utilização em modelos híbridos, onde os resultados são mais expressivos e aproximados da realidade.

Como referência principal deste conjunto de metodologias, autores como Caixeta et al (2012), Santos; Camargos; Serpa (2007), Ferreira (2011) e Rosário (2010) consideram que tal análise conjunta torna a tomada de decisão mais segura e concreta, visto que vários critérios são levados em consideração e que cada um pode ser quantificável na avaliação final do estudo.

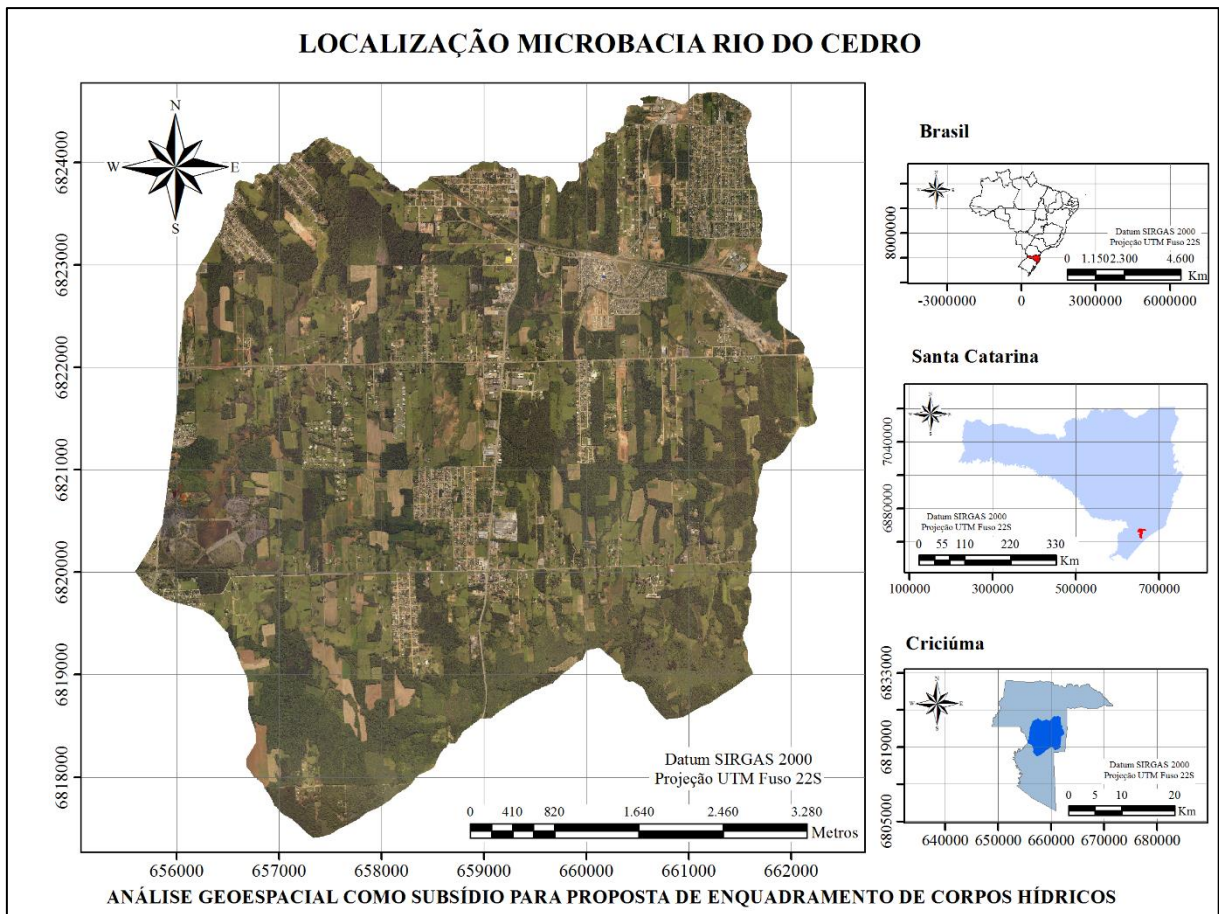
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A proposta de enquadramento dos recursos hídricos utilizou como área de estudo a Microbacia do Rio do Cedro, com aproximadamente 3196,06 hectares, localizada no sul do estado de Santa Catarina, bacia hidrográfica do Rio Araranguá, município de Criciúma. Sua escolha foi motivada pelos seguintes critérios:

- É bastante afetada pela degradação ambiental, que pressiona áreas com função ímpar para paisagem, representadas por fragmentos florestais e áreas de preservação ambiental;
- Se encontra totalmente dentro do município de Criciúma, e;
- Possui atividades agrícolas, industriais, zonas residenciais, assim o regramento dos recursos hídricos traria benefícios múltiplos.

A figura 10 ilustra a localização geográfica e a imagem aérea da microbacia.

Figura 10 – Mapa de Localização da Área de Estudo.



Fonte: Do Autor, 2016.

A área de estudo possui variados usos do solo ao longo de sua extensão, sendo os principais: atividades industriais, áreas degradadas pela deposição de rejeitos de carvão mineral, áreas de preservação ambiental, áreas de ocupação humana e de plantio de culturas. Os recursos hídricos desta microbacia necessitam de uma intervenção hídrico-ambiental para que sua rede fluvial seja readequada, assim refletindo positivamente nas atividades industriais e saúde humana.

3.2 BUSCA E ANÁLISE DE CRITÉRIOS

A busca de critérios foi realizada através de pesquisa bibliográfica de autores que utilizaram bases cartográficas para a realização de seus estudos. Como forma de justificar/ambientar esta metodologia a luz dos principais trabalhos publicados, os autores pesquisados foram tabulados e desta forma procedeu-se a escolha dos critérios mais utilizados para enquadramento dos recursos hídricos. Os critérios usados por estes autores remetem aos temas pesquisados, desta forma necessitam de validação para serem contemplados ou não na metodologia em questão. Arquivos em formato matricial e vetorial foram avaliados para a

inserção neste trabalho, o que originou uma base de dados para a proposta de enquadramento de cursos de água. A tabela 04 apresenta informações utilizadas em diferentes estudos.

Tabela 04 – Bases Cartográficas Analisadas.

Crítérios	Caixeta et al¹	Ferreira²	Rosário³	Santos Camargos e Serpa⁴
Pedologia	X		X	
Cobertura do Solo	X			X
Declividade	X		X	
Uso do Solo		X	X	X
Vegetação		X		
Outorga Superficial		X		X
Outorga Subterrânea		X		
Deflúvios Superficiais		X		
Setores Censitários		X		
Ottobacias		X		
Geologia			X	
Áreas de Interesse Ambiental				X
Biomias				X
Atlas Digital Flora Nativa e Reflorestamento				X
Empresas Licenciadas				X

Fonte: Caixeta et al ¹(Análise Multi-Critério (MCE) Aplicada ao Mapeamento da Áreas Susceptíveis a Movimentos de Massas na Área Urbana de Viçosa – MG, 2012), Ferreira ²(Geoprocessamento na Gestão de Recursos Hídricos: A Análise Espacial na Proposta de Enquadramento dos Corpos de Água, 2011.), Rosário ³(Análise Espacial Aplicada à Determinação do Risco de Erosão do Solo na Porção Noroeste do Município de Itabirito, 2010) e Santos, Camargos e Serpa ⁴(O Uso de Técnicas de Geoprocessamento como Subsídio para Elaboração de Propostas de Enquadramento dos Corpos de Água: O caso da Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu, 2007).

Para Caixeta (2012) a análise envolvendo diversos critérios tem a vantagem de que é possível visualizar os pontos de maior susceptibilidade de movimentação de massa e assim tendo um mapa final mais criterioso. Quando se pensa em classificação dos corpos de água Ferreira (2011) enfatiza que as ferramentas do geoprocessamento aliados a metodologia de avaliação de diferentes critérios é um grande auxílio nestas propostas.

Rosário (2010) usa em seu trabalho critérios que estão diretamente interligados com a superfície e subsuperfície, desta forma, a autora pode elaborar um mapa de riscos a erosão com maior segurança e certeza nos seus resultados. Em propostas de enquadramento para definição de usos das águas a erosão também é um fator determinante.

A sobreposição de critérios segundo Santos, Camargos e Serpa (2007) é uma ferramenta que produz efeito amplo nas análises e propostas de uso dos recursos hídricos. A análise de critérios quando sobrepostas traz subsídio para avaliação de onde?, como?, Pra Que?, a água está sendo utilizada dentro de determinada bacia hidrográfica.

3.3 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS

A base de estudo deste trabalho teve grande influência de referências bibliográficas que descrevem a importância de cada critério elencado, assim se buscou as informações/dados que viessem a ser determinantes na aplicação deste trabalho. Desta maneira foram elencadas, com enfoque no enquadramento de recursos hídricos, as bases cartográficas utilizadas.

Os critérios escolhidos foram subdivididos em três condições, sendo estas: ambientais, físico territorial e socioeconômico. As condições ambientais representam as informações coletadas que estão ligadas a níveis de preservação e degradação ambiental. As condições físicas territoriais estão relacionadas com informações estáticas como tipologias e formações naturais. As condições socioeconômicas estão correlacionadas com níveis de adensamento de empreendimentos e população residente. O quadro 01 apresenta a base de dados escolhidas para uso neste trabalho.

Quadro 01 – Critérios Elencados como Base para o Enquadramento.

Condição	Critério	Fonte	Datum	Ano
Condições Ambientais	Uso e Ocupação do Solo	Programa Ecológico de Longa Duração - PELD	SIRGAS 2000 UTM 22S	2012
	Zoneamento Urbano	Plano Diretor Participativo	WGS_84	2012
Condições Físico Territorial	Geologia	Plano Diretor Participativo	SAD 69	2007
	Hidrografia	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE	SIRGAS 2000 UTM 22S	1985
	Pedologia	Plano Diretor Participativo	SAD 69	2007
Condições Socioeconômicas	Censo Domicílio	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE	SIRGAS 2000	2010
	Empresas Licenciadas	Fundação do Meio Ambiente de Criciúma – FAMCRI	WGS 84	2016

Fonte: Do Autor, 2016.

O mapa de uso e ocupação do solo traz uma gama de informações relacionadas a forma que o território da microbacia hidrográfica está sendo usado, com estas informações é possível identificar e classificar os diferentes usos presentes na área de estudo. O mapa de zoneamento urbano tem a função da ordenação dos usos dentro dos limites municipais e justamente com esta mesma importância o mapa foi usado para adequar o uso hídrico.

O mapa de pedologia e geologia trazem informações importantes no que tange as características originais da área de estudo, como também representa informações peculiares referente a sua formação. Assim foram mapas relacionados com os usos dispostos na resolução CONAMA nº 357 de 2005 e categorizados em função de suas formações.

Os mapas de censo domiciliar e empreendimentos licenciados tem a função de indicar as áreas onde há maior densidade de ocupação e indústrias, desta forma as águas dos rios dentro da microbacia são classificados em relação a este quesito.

3.4 PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS GEOESPACIAIS

As informações das bases cartográficas foram trabalhadas dentro do *software* ArcGIS® 10.1, posteriormente procedeu-se a delimitação da área de estudo e preparação dos mapas base e as suas categorizações.

Todas as bases foram projetadas para um mesmo datum, SIRGAS 2000, e planificadas para as coordenadas UTM Fuso 22S. Utilizou-se ferramentas oferecidas pelo programa computacional para o recorte da área de estudo, tabulação das informações de cada camada, classificação de dados, junção de camadas e sobreposição de informações.

3.4.1 Categorização das Bases Cartográficas

Foram elencados quesitos “chave” para a categorização dos mapas em relação as condições adotadas. As condições ambientais trazem como principal importância os níveis de preservação ambiental, áreas de unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável e bons índices de características naturais. Nas condições físico territoriais foram analisadas as tipologias estruturais de cada formação, fragilidades e resistências. As condições socioeconômicas tiveram como critério de categorização a densidade de ocupação de residências e a presença de empresas.

Para cada categoria foi atribuído usos de água conforme resolução CONAMA nº 357 de 2005, vale salientar que a categorização não necessariamente corresponde uma ordem

crecente ou decrescente de qualidade ambiental, físico territorial e socioeconômico, mas sim o que foi considerado. Foi relacionada uma cor a cada categoria, esta representa cada classe de uso presente na legislação. O quadro 02 apresenta as considerações para cada condição.

Quadro 02 – Descrição das Categorias.

Categoria 01 – Classe Especial
<p><u>Condições Ambientais</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Considerado as condições de entorno do recurso hídrico em que o ambiente se encontra em alto grau de preservação e conservação; ▪ Considerado áreas destinadas a proteção ambiental como unidades de conservação de proteção integral e uso sustentável. <p><u>Condições Físico Territorial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Considerado as tipologias que naturalmente possuem maior fragilidade com relação ao seu uso direto; ▪ Considerado tipologias que possuem características que venham a trazer benefícios para os usos destinados nesta categoria. <p><u>Condições Socioeconômicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Considerado localidades em que a densidade populacional é nula ou muito pequena; ▪ Considerado localidades onde não se tem nenhum empreendimento considerado de impacto socioambiental.
Categoria 02 – Classe 1
<p><u>Condições Ambientais</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Considerado níveis médios de interferência antrópica e bons níveis de conservação/preservação ambiental; <p><u>Condições Físico Territorial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Considerado tipologias que indiquem baixos níveis de resistência referente aos processos erosivos. <p><u>Condições Socioeconômicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Considerado localidades em que tenha a presença de baixa ocupação antrópica de residências ou propriedades rurais; ▪ Considerado localidades onde a presença de empresas é baixa e possuem pequeno impacto significativo.
Categoria 03 – Classe 2
<p><u>Condições Ambientais</u></p>

- Considerado ambientes que se encontram alterados pelo crescimento populacional e empreendimentos;
- Considerados áreas que se encontram em níveis médios de interferência antrópica.

Condições Físico Territorial

- Considerado áreas com bons níveis de resistência a susceptibilidade a erosão e que tenham características de sustento do relevo.

Condições Socioeconômicas

- Considerado localidades com média densidade de ocupação antrópica por residências;
- Considerado localidades com alta densidade de empreendimentos de impacto médio.

Categoria 04 – Classe 3

Condições Ambientais

- Considerado áreas que se encontram em níveis altos de alteração causado pela ação antrópica;
- Considerado áreas destinadas a implantação de empresas de grande porte e com alto impacto ambiental.

Condições Físico Territorial

- Considerado tipologias naturais com atributos favoráveis a ocupação humana e a empreendimentos.

Condições Socioeconômicas

- Considerado áreas com alta densidade empresarial e com alto impacto social;
- Considerado áreas com alta densidade de ocupação humana de domicílios.

Categoria 05 – Classe 4

Condições Ambientais

- Considerado os ambientes que se encontram totalmente degradados por atividade de mineração a céu aberto ou qualquer atividade industrial;
- Considerado os ambientes que estejam totalmente descaracterizados de sua formação natural.

Condições Físico Territorial

- Considerado ambientes que estão descaracterizados de sua formação natural, onde se tem tipologia identificada por ação antrópica.

Condições Socioeconômicas

Considerado áreas com altíssima densidade de ocupação humana de domicílios.

A categorização de todos os mapas permitiu uma padronização dos critérios adotados no trabalho. Com as informações categorizadas foi possível a sobreposição destes mapas para a proposta de enquadramento.

3.5 MAPA FINAL DE ENQUADRAMENTO

Os mapas categorizados foram sobrepostos para que se atingisse o objetivo de propor uma classificação aos rios da microbacia do Rio do Cedro. A metodologia adotada para avaliar o quão importante cada critério é para a proposta da equação final, teve como método o cruzamento de cada critério estabelecido *versus* os usos de água preponderantes determinados pela resolução CONAMA nº 357 de 2005. Desta forma as ponderações foram efetuadas comparando-se a influência de um sobre o outro avaliando-se em 1 (interferência negativa ou positiva) e 0 (interferência nula). Após isso foi realizado a contagem para verificar a importância de cada informação no mapa final. A ponderação foi feita pela divisão do total de cada critério pelo total de todos. O quadro 03 apresenta as ponderações realizadas.

Quadro 03 – Análise Ponderada de cada Critério.

USOS/CLASSES	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	ZONEAMENTO	PEDOLOGIA	GEOLOGIA	CENSO DOMICÍLIO	EMPRESAS
Ao abastecimento humano após desinfecção.	1	1	0	0	1	1
À preservação do equilíbrio natural de comunidades aquáticas.	1	1	1	1	1	1
À preservação de recursos hídricos em território de unidades de conservação de proteção integral.	1	1	1	1	1	1
Ao abastecimento humano após tratamento simplificado.	1	1	1	0	1	1
À proteção de comunidades aquáticas.	1	1	1	0	1	1
À recreação de contato primário (natação, mergulho).	1	1	0	1	0	1
À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rente ao solo e consumidas cruas sem remoção de película.	1	1	1	0	1	1
À proteção da comunidade aquática em território indígena.	1	1	1	1	1	1
Ao abastecimento humano após tratamento convencional.	1	1	1	0	1	1

USOS/CLASSES	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	ZONEAMENTO	PEDOLOGIA	GEOLOGIA	CENSO DOMICÍLIO	EMPRESAS	
À proteção de comunidades aquáticas	1	1	0	1	1	1	
À recreação de contato primário (natação, mergulho).	1	1	0	1	1	1	
À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer, onde possa haver contato direto.	1	1	0	0	0	0	
À aquicultura e atividade de pesca.	1	1	0	0	1	0	
Ao abastecimento humano após tratamento convencional ou avançado.	1	1	1	0	1	1	
À irrigação de espécies arbóreas, cerealíferas e forrageiras.	1	0	0	0	0	0	
À pesca amadora.	0	0	0	0	0	0	
À recreação de contato secundário (pesca, navegação)	0	0	0	1	1	0	
À dessedentação de animais.	1	0	0	0	1	0	
À navegação.	0	0	0	1	1	0	
À harmonia paisagística	0	0	0	0	0	0	
Total	16	14	8	8	15	12	73
Ponderação	0,22	0,19	0,11	0,11	0,21	0,16	1,00

Fonte: Do Autor, 2016.

Desta forma o mapa de Uso e Ocupação do Solo teve peso de 0,22; o mapa Zoneamento teve peso de 0,19; o mapa de geologia teve peso de 0,11; o mapa de pedologia teve peso de 0,11; o mapa de censo domiciliar teve peso de 0,21; o mapa de empresas licenciadas teve peso de 0,16; com isto se tem a avaliação final do enquadramento.

Para chegar no mapa ponderado com todos os critérios sobrepostos se utilizou a equação de média ponderada, desta forma o mapa final categorizado foi realizado através da equação 01.

(01)

$$\text{Mapa Final} = \frac{(\text{UEODS} \cdot 0,22) + (\text{ZON} \cdot 0,19) + (\text{GEO} \cdot 0,11) + (\text{PED} \cdot 0,11) + (\text{CENDO} \cdot 0,21) + (\text{EMPLIN} \cdot 0,16)}{6}$$

Legenda:

UEODS:	Uso e Ocupação do Solo
ZON:	Zoneamento
GEO:	Geologia
PED:	Pedologia
CENDO:	Censo Domicílio
EMPLIN:	Empresas Licenciadas

A união de todas os critérios categorizados foi realizada em formato vetorial e as edições e posteriores cálculos foram realizados na ferramenta intitulada calculadora de campo. Posteriormente o mapa final foi convertido para o formato Raster, onde cada pixel desta imagem corresponde a um quadrado de 10x10 metros. Tal estratégia permitiu uma agregação de dados matriciais a base vetorial dos recursos hídricos.

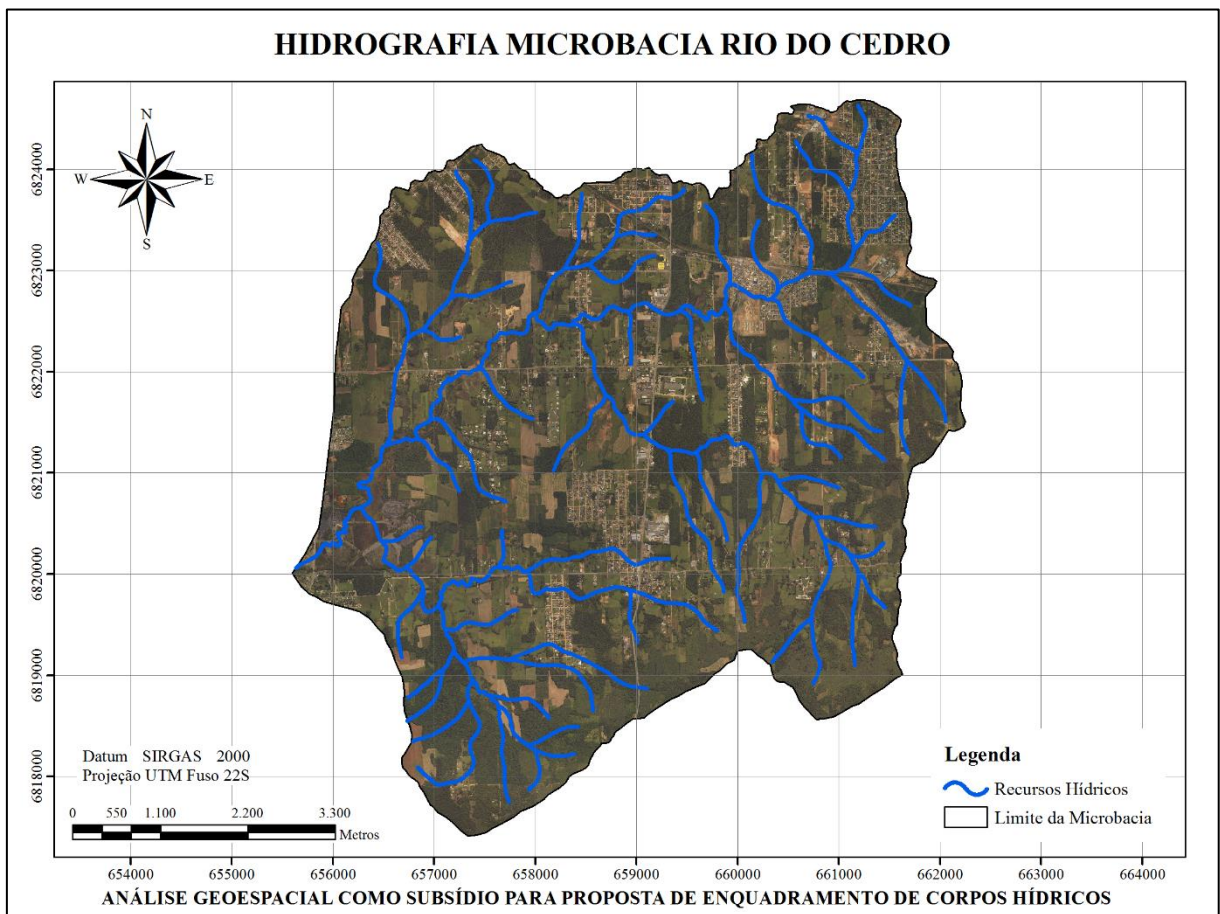
Os corpos de água possuem um valor específico de comprimento vetorial, com uso desta informação, a malha hídrica assimilou como herança a valoração das células do mapa final e realizou-se a média dos pixels contidos no segmento de rio. Após isso foi atribuído uma classe média de água para o enquadramento, o que culminou em uma “classificação atual” dos corpos hídricos.

Diante a classificação de uma condição de enquadramento atual dos rios, procedeu-se a idealização de uma proposta para alteração de enquadramento, o que vem ao encontro da Política Nacional de Recursos Hídricos no âmbito de planejamento e gestão hídrica nacional. Desta forma o mapa final de enquadramento objetivou balizar os usos possíveis dos corpos hídricos com a preservação dos mananciais, crescimento e desenvolvimento econômico, bem como, áreas de proteção ambiental e adensamento urbano.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

A área de estudo apresenta uma grande quantidade de corpos hídricos, encravados em locais declivosos, até áreas planas, sendo potencializados diferentes usos como agricultura, lazer, pecuária e abastecimento. Conforme a figura 11 os rios estão espacialmente bem distribuídos, e estão classificados em dois arranjos de escoamento.

Figura 11 – Mapa de Hidrografia da Microbacia do Rio do Cedro.



Fonte: Do Autor, 2016.

A rede fluvial da microbacia se enquadra nas características de escoamento dentrítica e paralela. O arranjo paralelo é encontrado nas extremidades da área de estudo, correspondendo aos rios de cabeceiras que se encontram em declividades mais acentuadas e o arranjo dentrítico é encontrado no centro do mapa, onde já possui terreno mais plano e os rios tendem a apresentar os meandros como estruturas dissipadoras de energia.

4.1 CATEGORIZAÇÃO DOS MAPAS

Cada critério estabelecido para análise espacial foi categorizado conforme a metodologia adotada, desta forma os diferentes parâmetros qualitativos/descriptivos foram

categorizados. A análise para a classificação levou em consideração aqueles requisitos apresentados em cada categoria, distinguindo-se das condições ambientais, físico territoriais e socioeconômicas.

4.1.1 Uso e Ocupação do Solo

Foram obtidos sete usos do solo distintos em virtude de uma classificação de imagem obtida na base do Programa Ecológico de Longa Duração - PELD, sítio Itajaí. A classificação utilizou imagens LANDSAT 5 de 2012, com resolução espacial de 30 m, e a tabela 05 apresenta as classes adotadas.

Tabela 05 – Uso e Ocupação do Solo da Microbacia do Rio do Cedro.

Classificação	Abreviatura
Agricultura	Agr
Áreas Degradadas	ArDeg
Áreas Urbanizadas	ArUrb
Água	Águ
Reflorestamento	Ref
Vegetação Densa	VegDen
Campos	Cam

Fonte: Do Autor, 2016.

A vegetação de reflorestamento é aquela que não caracteriza a original, sendo assim plantações de culturas e árvores do tipo pinus e eucalipto. Este tipo de vegetação pode trazer alguns malefícios para o solo e água, desta maneira sua implantação pode acarretar em impactos socioambientais. Este tipo de vegetação protegem os recursos naturais de maneira indireta, sendo exemplos o sustento de margens e ambientes propícios para habitat de animais.

O estado de Santa Catarina é caracterizado pelo bioma Mata Atlântica e na área de estudo é possível encontrar alguns fragmentos florestais remanescentes deste tipo de vegetação. Esta tem como principal função a proteção dos recursos ambientais e manter a boa qualidade da mesma. É protegida por legislação específica.

Todo o território que possui pastagem e vegetação arbórea está enquadrado como área de campo. Esta classe tem a função de apontar as áreas que tem maior possibilidade de ocupação humana, empresarial, plantio e pecuária.

Os conjuntos habitacionais distribuídos na microbacia formam as áreas urbanizadas que são compostas por residências, comércio, escolas, parques e outros. São locais que já não

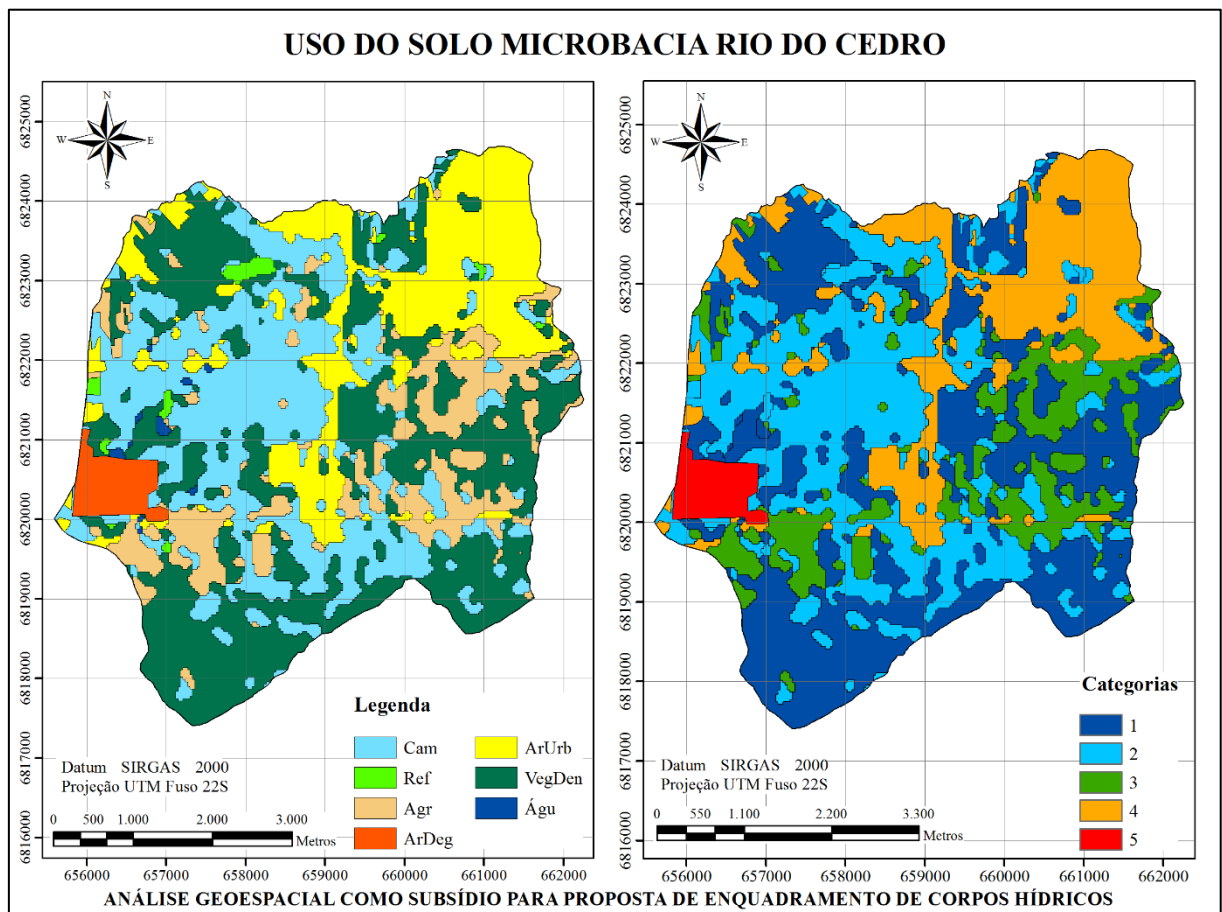
possuem mais suas características naturais devido a sua ocupação, no entanto, devem ser tratadas como ambientes de preservação ambiental e urbanística para que haja uma relação harmoniosa.

As áreas degradadas são aquelas que sofreram deposição de rejeito provindo da exploração de carvão mineral em subsolo e que não foram recuperadas, sendo assim estão totalmente descaracterizadas e com altos níveis de poluição ambiental.

A agricultura é uma fonte de renda muito ativa dentro da área de estudo, assim, plantações, terras preparadas para plantio e culturas em crescimento estão inseridas neste atributo. As áreas aráveis sem a presença de vegetação podem trazer impactos negativos para o meio ambiente e para população em geral se não tiver o devido cuidado. Os desastres geotécnicos como escorregamento de massa, deslizamentos, voçorocas, ravinas e aberturas de crateras no solo são comuns em áreas que tenham solo exposto sem nenhuma estrutura de contenção.

De acordo com as características de cada atributo deste critério foi realizada a categorização baseada nestes usos (figura 12), pois são predominantes na área.

Figura 12 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo Microbacia Rio do Cedro.



Fonte: Do Autor, 2016.

A categoria 1 está representada pelos fragmentos florestais preservados e água. A vegetação é um atributo que está presente na forma de fragmentos espalhados por toda a área da microbacia, tem como função a melhoria da qualidade ambiental e também a proteção dos recursos hídricos. Foi considerado como sendo água todos as lagoas e açudes encontrados e também estão nesta categoria pelo fato de se buscar maior preservação.

A categoria 2 é composta pela vegetação de reflorestamento e campos. Estas duas classes estão bem distribuídas no mapa e estão descaracterizadas de sua formação original. Apesar de não ser nativa possuem funções semelhantes a mesma, assim esta categoria contempla usos que venham a trazer níveis razoáveis de conservação e preservação dos cursos de água.

A categoria 3 é representada pela área de agricultura. Os locais de agricultura são apresentados como áreas em que haja plantio e solo preparado para o mesmo, sendo assim as interferências antrópicas nestes ambientes são nítidas. Por estes fatores se pode enquadrar como nível médio de uso e ocupação do solo.

Na categoria 4 estão classificadas as áreas urbanas. Possuem alta alteração humana pela sua ocupação (residências), empreendimentos, prestadores de serviços, utilidade pública (escolas, creches, postos de saúde) e malha viária consolidada (camada asfáltica). Devido à elevada densidade de ocupação desta área buscou-se atribuir qualidade dos cursos de água que viessem a ser útil para o que está instalado atualmente.

A categoria 5 é representada pelas áreas degradadas. São locais em que houve alteração antrópica pela deposição de rejeito de carvão mineral e que foi deixado o passivo ambiental. Não há possibilidade de uso da área, uma vez que os rios já se encontram em níveis elevados de poluição.

4.1.2 Zoneamento Urbano

Conforme dados obtidos no Plano Diretor do município de Criciúma a microbacia do Rio do Cedro abrange 11 zonas de uso e ocupação do território municipal. A tabela 06 apresenta estas zonas aprovadas pela Lei Complementar Municipal nº 095 de 2012.

Tabela 06 – Zoneamento da Microbacia do Rio do Cedro.

Classificação	Abreviatura
Zona Rururbana	ZRU
Zona Residencial 1-2	ZR1-2

Zona Residencial 2-4	ZR2-4
Zona Residencial 3-8	ZFR3-8
Zona de Interesse de Recuperação Urbano-Ambiental e/ou Rural	ZEIRAU
Zona de Interesse Social	ZEIS
Zona Mista 2-4	ZM2-4
Zona Industrial 2	ZI2
Zona de Proteção Ambiental	Z-APA
Área de Segurança Nacional	ASN
Cemitério	CEM
Central de Carga Rodoviária	CCR

Fonte: Plano Diretor Municipal, 2012.

Segundo o Plano Diretor, Artigo 142 as zonas residenciais são destinadas ao uso exclusivo e não exclusivo, podendo ter uso comercial não atacadista, prestação de serviços e indústrias de pequeno porte. Esta zona é subdividida em ZR1, ZR2 e ZR3, onde cada uma tem suas restrições. A Zona Residencial 1 é permissível a ocupação de baixa densidade populacional e com restrições físicas e de infraestrutura, devendo ser aprovada qualquer construção junto ao órgão da prefeitura. A Zona Residencial 2 possui disponibilidade favorável a ocupação pela boa condição de infraestrutura existente, permite uma média concentração populacional, de comércios e prestadores de serviços. A Zona Residencial 3 possui maior densidade populacional por estar próxima aos geradores de emprego e tem uma otimização de infraestrutura.

O Artigo 147 do Plano Diretor especifica os usos permitidos na Zona de Interesse de Recuperação Urbano-Ambiental e/ou Rural. A zona é composta por áreas degradadas por atividades empresariais, frisando o impacto de áreas com deposição de rejeitos de mineração que se tem o interesse de recuperação mediante os estudos técnicos para definir novos usos.

As Zonas de Interesse Social são definidas no Artigo 146 do Plano Diretor como sendo áreas destinadas a promoção de urbanização, regularização fundiária e produção de interesse social visando moradia e cidadania as pessoas. Para uso destas áreas se devem apresentar projetos urbanísticos junto ao órgão de planejamento para a aprovação.

O Artigo 143 define as Zonas Mistas como sendo permissível a ocupação de empreendimentos comerciais, prestadores de serviços, indústrias de médio porte e ocupação residencial. São subdivididas em ZM1 e ZM2, na área de estudo apenas a Zona Mista 2 está presente, esta é caracterizada como sendo próxima dos eixos de ligação intermunicipal,

permitindo usos comerciais, industriais não poluentes e instalações de apoio as zonas industriais.

As Zonas Industriais são caracterizadas conforme Artigo 144 do Plano Diretor como sendo áreas destinadas para empresas de grande porte e que possuem alto potencial poluidor/degradador, sendo que sua instalação deverá ser aprovada por órgão de planejamento e meio ambiente. Apresenta subdivisão em ZI 1 e ZI 2, na área de estudo a Zona Industrial 2 é a única presente, esta é caracterizada como área urbanizada com localização acessível e infraestrutura existente, permite a concentração de indústrias de médio e grande porte e de baixo e médio potencial degradador.

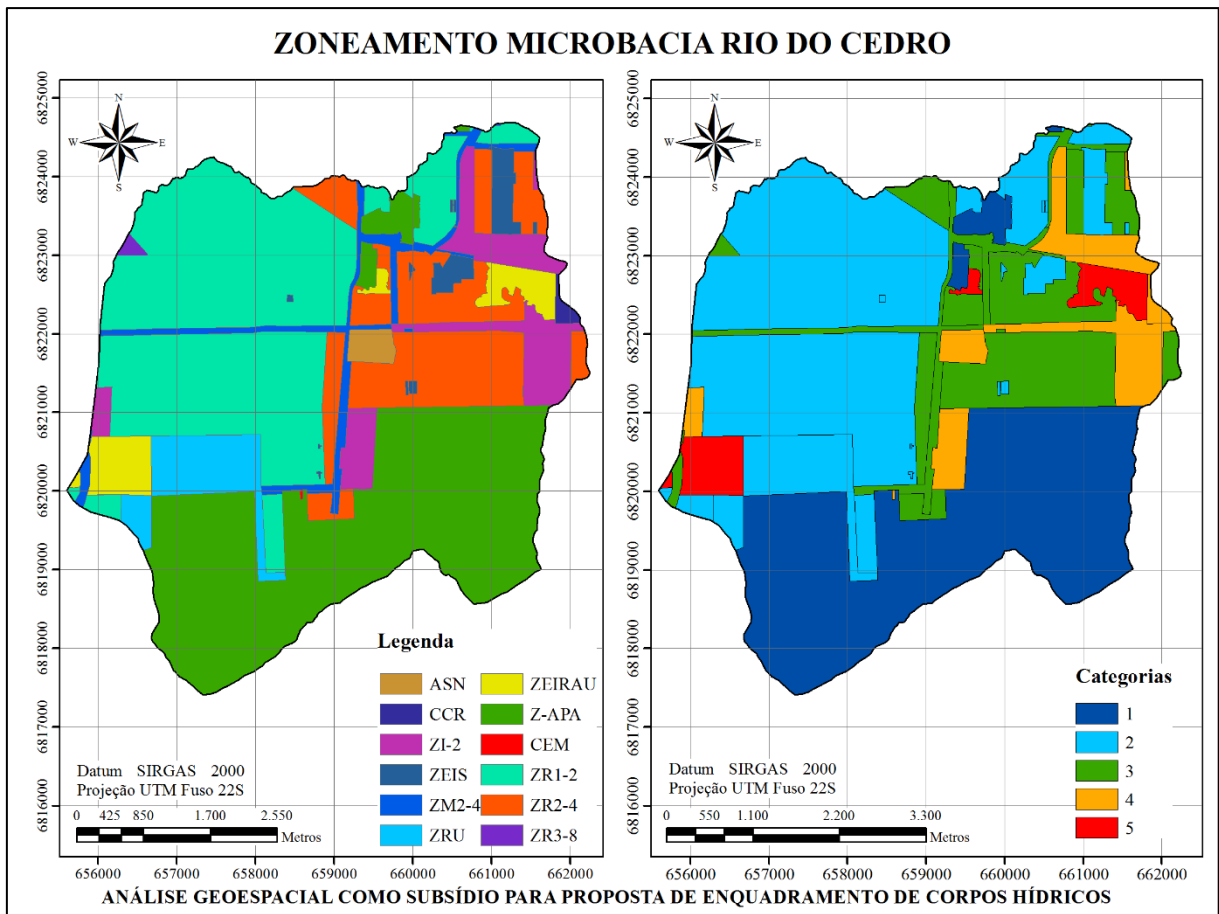
As Zonas de Proteção Ambiental estão descritas no Artigo 152 do Plano Diretor, onde são definidas como áreas destinadas a preservação e uso sustentável, visto que possuem pontos de preservação permanente e Áreas de proteção ambiental - APA. As ocupações são disciplinadas de modo que não tenha impacto nos recursos naturais, nesta zona são chamadas de áreas “*non aedificand*” as faixas marginais dos cursos de água, pois possuem preservação permanente.

A Zona Rururbana é aquela em que o local caracterizado pela urbanização e que as comunidades que ali residem vivem de atividades agroflorestais e hortifrutigranjeiras. Tendo como suporte todo aparato urbanístico que o local oferta (CRICIÚMA, 2012).

O Artigo 55 do Plano Diretor considera os cemitérios como empreendimentos de impacto independente da área construída. O Artigo 191 da Lei supracitada define central de cargas como sendo um planejamento para efetivar o chamado “porto seco” da cidade, assim proporcionando uma central de carga e descarga e incentivando novos empreendimentos.

Com base em cada definição no zoneamento previsto fez-se a categorização do mapa conforme figura 13.

Figura 13 – Mapa de Zoneamento Microbacia Rio do Cedro.



Fonte: Do Autor, 2016.

A categoria 1 foi enquadrada como sendo a zona de proteção ambiental. A proteção e preservação do ambiente natural é função desta classe no zoneamento municipal, logo causa uma série de benefícios ambientais. Para os corpos hídricos é de grande contribuição para a permanência da boa qualidade de água e manter o seu leito livre de contaminação industrial e doméstica. Sua localização dentro da microbacia tem predominância na porção sul e pequenos fragmentos a norte, busca principalmente estabelecer área maior para as unidades de proteção que se encontram dentro da mesma.

A categoria 2 é composta pela zona residencial 1, zona de interesse social e zona rururbana. As características destas zonas são de baixa densidade populacional, propriedades rururbanas e áreas a serem destinadas a projetos sociais. Os usos permissíveis são considerados de baixo impacto para os rios, assim se pode atribuir uma classe melhor a se buscar para estas localidades. Correlacionando com seus usos previstos na resolução estas áreas tem o perfil adequado para manter a boa qualidade das águas e ao mesmo tempo balizar o crescimento agrário e econômico para a cidade.

A categoria 3 tem a presença da zona residencial 2, zona residencial 3 e zona mista. As permissões estipuladas pelo plano diretor da cidade fazem com estas zonas sejam bem densas (residências, comércios, prestadores de serviços), porém com impacto médio as condições ambientais. Considerando estas características se pode atingir uma classe de uso das águas que venham a trazer usos direcionados para polos urbanos, entretanto, que tenham a característica de sustentabilidade.

A categoria 4 é definida pela zona industrial 2, cemitérios, área de segurança nacional e central de cargas rodoviária. A semelhança entre estas zonas fez com que se agregassem nesta categoria, são locais com alta densidade populacional, fortes alterações antrópicas e uso consolidado por indústrias. O uso das águas nesses locais é direcionado principalmente para processos de produção e abastecimento industrial, causando uma alteração no leito normal do rio. A qualidade em que o corpo de água se encontra deve ser mantido após a devolução em forma de efluentes industriais, com isso a instalação de sistemas de tratamento é necessária para que se possa alcançar esta classificação.

A categoria 5 é composta apenas pela zona de interesse de recuperação urbano-ambiental e/ou rural. São áreas que se encontram degradadas em níveis bióticos, físicos e antrópico. Em grande parte, seus rios são afetados pela degradação do entorno fazendo com que tenham qualidade ruim a péssima, em relação seus usos se espera atingir uma qualidade para que possam servir aqueles definidos na classe 4 da resolução CONAMA.

4.1.3 Geologia

A geologia encontrada no município de Criciúma está descrita de forma mais detalhada no relatório de mapas temáticos, que foram elaborados para subsidiar o plano diretor da cidade. No recorte que compreende a área da microbacia do Rio do Cedro foram identificados três (03) tipologias de formações geológicas e dois (02) depósitos aluviais, a classificação é apresentada na tabela 07.

Tabela 07 – Geologia da Microbacia do Rio do Cedro.

Classificação	Abreviatura
Formação Serra Geral	Ksg
Formação Irati	Pi
Formação Palermo	Pp
Depósitos Aluvionares e de Retrabalhamento Fluvial	QHa
Depósitos de Leques Aluviais	TQi

Fonte: IPAT, 2007.

Presente em praticamente toda a área de estudo a Formação Palermo é constituída por uma camada de areia-silte e argila de maneira intercalada. A espessura desta camada é de aproximadamente 92 metros. Naturalmente possui predominância argilosa, podendo ter intercalações arenosas, seu afloramento é contínuo (IPAT, 2007).

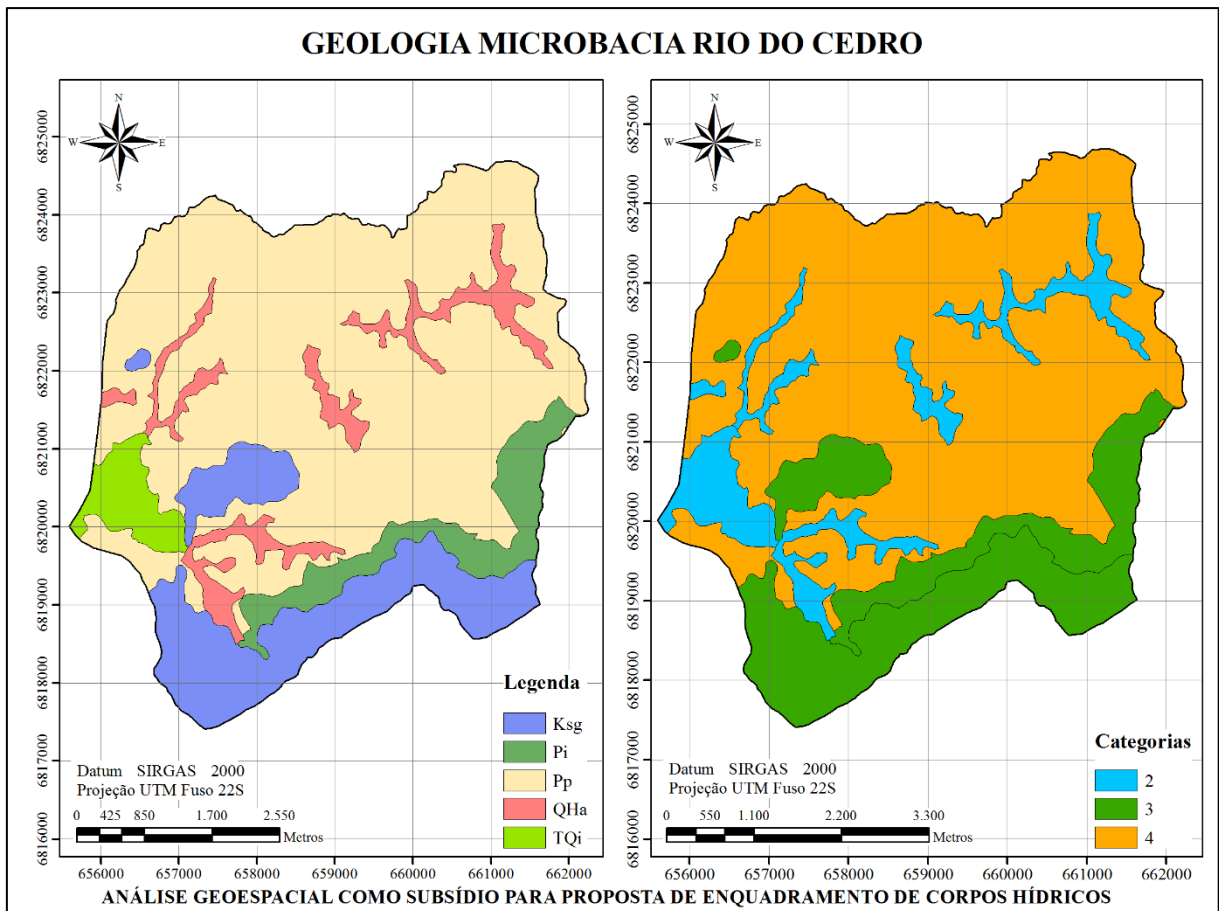
A Formação Irati é constituída por folhelhos e siltitos cinza escuros, estão presente na microbacia em uma faixa de sul à sudeste. Nos morros em que esta formação está presente é de característica encontrar rochas ígneas que constituem a formação da topografia e sustento desta (IPAT, 2007).

Outra característica geológica do local é a Formação Serra Geral, está localizada ao sul e centro sudoeste da área, tem espessura média entre 9,50 e 57 metros. Sua característica básica é a resistência aos processos de intemperismo e erosão, pois tem a função de sustentar o relevo. É formada por basalto e basalto granofíricos (IPAT, 2007).

Os depósitos de leques aluviais, aluvionares e de retrabalhamento fluvial são definidos como sedimentos de formato cônico, que foram depositados em áreas mais baixas e que são mal classificados quanto a sua granulometria. Possui uma litologia resultante de depósitos de cascalhos, areias e lamas (IPAT, 2007).

A figura 14 apresenta o mapa de geologia encontrada na área e a categorização de seus atributos.

Figura 14 – Mapa Geológico da Microbacia do Rio do Cedro.



Fonte: Do Autor, 2016.

As ponderações para as categorias 1 e 5 não foram realizadas para este critério pelo fato de não apresentarem as considerações estipuladas na metodologia deste trabalho.

A categoria 2 é composta por depósitos de leques aluviais, depósitos aluvionares e de retrabalhamento fluvial. Como balizador principal de tal categoria cita-se a fragilidade dos ambientes inconsolidados e geologicamente mais recentes. Em virtude de suas associações com ambientes aquáticos no sentido de contato direto, infiltração, recarga e descarga, potencial de erosão, dentre outros os depósitos se encontram em áreas hídricas vulneráveis.

A categoria 3 está representada pelas Formações serra Geral e Irati. Suas características básicas são a presença de rochas resistentes para firmar e manter a topografia do terreno. Referente aos recursos hídricos, estes estarão menos vulneráveis aos processos de intemperismo pela formação geológica, assim, permitindo usos mais abrangentes para a área.

Na categoria 4 se enquadraram a Formação Palermo. Possui estruturas firmes e semipermeáveis, se localiza em território mais plano e possui camada profunda. Nesta classe os usos de água são direcionados para abastecimento público, industrial, animal e aquicultura, onde este local é propício para a realização destas atividades (referente a esta formação).

4.1.4 Pedologia

O plano diretor do município de Criciúma foi elaborado com base em uma série de mapas realizados pelo Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – IPAT, estes mapeamentos tiveram importância na tomada de decisões e definição dos usos territoriais da cidade. O mapa de pedologia elaborado por instituição supracitada traz um detalhamento das tipologias de solo encontrados no ano em que foi realizado, dentro das delimitações da microbacia do Rio do Cedro foram identificadas oito (08) classificações referentes a este critério, estes são apresentados na tabela 08.

Tabela 08 – Pedologia da Microbacia do Rio do Cedro.

Classificação	Abreviatura
Áreas Urbanizadas	AU
Nitossolo Vermelho Eutrófico Tb A Moderado	NVe
Bota Foras + Áreas de Empréstimo	Bf+AE
Argissolo Vermelho Distrófico Ta A Proeminente	PVd
Cambissolo Háptico Alumínico Ta A Moderado	CXa01
Argissolo Vermelho Amarelo Alumínico Ta e Tb A Moderado	PVAa01
Argissolo Vermelho Amarelo Alumínico Ta e Tb A Moderado e Proeminente	PVAa02
Associação Argissolo Vermelho Amarelo Alumínico Ta e Tb Moderado e Proeminente	PVAa03

Fonte: IPAT, 2007.

De acordo com o relatório dos mapas temáticos realizado pelo IPAT (2007) os Argissolos Vermelho Amarelo Alumínico são solos minerais não hidromórficos e abrangem solos mais profundos com média de 2 metros. O horizonte A possui textura média enquanto o horizonte B tem a predominância de texturas argilosas. São solos fortemente ácidos com elevados teores de alumínio e com baixa saturação de bases, para que seja permitido a plantação é necessário que se corrija o solo em relação aos teores de acidez. São solos profundos e caracterizados pela sua boa drenagem e são friáveis. Em locais onde a declividade é elevada a utilização deste solo se torna restrita pelo fato de possuir alta probabilidade de escorregamento de massa.

O Argissolo Vermelho Distrófico é considerado solo profundo a muito profundo, possui coloração forte e viva. Seus pontos positivos são que possuem boa drenagem e camadas

superiores aráveis e seu ponto negativo é que possui fácil desintegração dos seus agregados. São solos caracterizados pela acidez a forte acidez, possuindo índices baixos de nutrientes para plantas (IPAT, 2007).

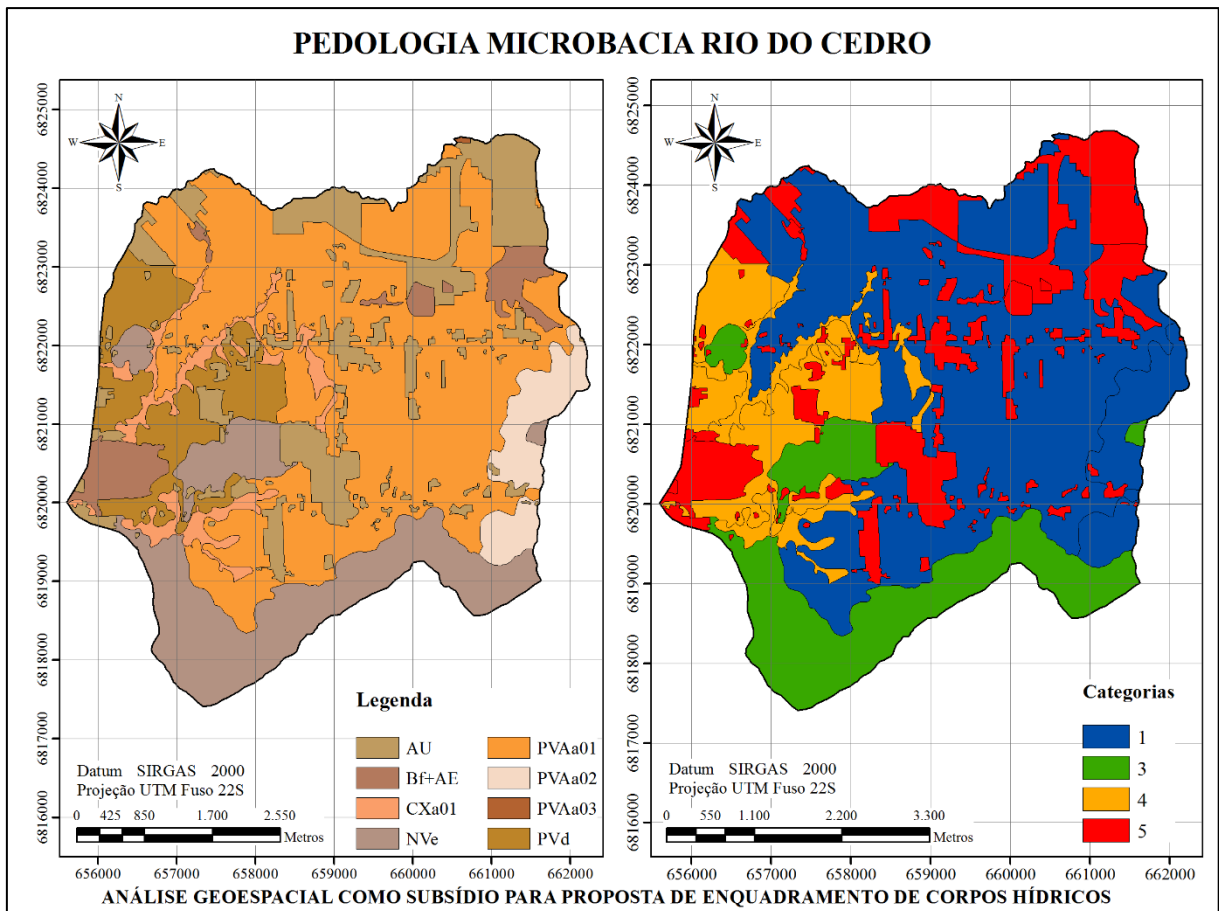
São características dos Nitossolos Vermelho Eutrófico sua boa drenagem e solo profundo a muito profundo. Possuem acidez ou moderada acidez, sendo que para o uso agrícola este solo possui alguns inconvenientes como a presença de muitas pedras e pedregulhos (IPAT, 2007).

O Cambissolo Háptico Alumínico possui perfis rasos a muito profundos, tem características heterogêneas em relação a cor, textura e espessura. A drenagem deste solo é considerada moderadamente drenável. Os Cambissolos provindos de depósitos aluvionares se caracterizam por serem solos moderadamente profundos que quando submetidos a água (solo molhado) apresentam particularidades como maior plasticidade e pegajosidade. Este solo possui baixa susceptibilidade a erosão, desta maneira a utilização de máquinas pesadas se torna viável (IPAT, 2007).

O relatório de mapas temáticos apresenta ainda os locais que foram descaracterizados por ações antrópicas, ou seja, não apresentam mais a formação natural. As Áreas de Bota-Fora + Áreas de Empréstimos e as Áreas Urbanizadas são apresentadas no mapa como sendo as alterações que foram realizadas na pedologia original da área de estudo (IPAT, 2007).

A figura 15 representa o mapa de pedologia da área de estudo (esquerda) e o mapa categorizado (direita) conforme metodologia adotada neste trabalho.

Figura 15 – Mapa de Pedologia da Microbacia do Rio do Cedro.



Fonte: Do Autor, 2016.

As ponderações para a categoria 2 não foi realizada para este critério pelo fato de não apresentar nenhuma das considerações estipuladas na metodologia deste trabalho.

A categoria 1 é formada pelas classes do solo Argissolo Vermelho Amarelo Alumínico Ta e Tb A moderado e proeminente, Argissolo Vermelho Amarelo Alumínico Ta e Tb A moderado e Associação Argissolo Vermelho Amarelo Alumínico Ta e Tb moderado e proeminente. Foram enquadrados nesta categoria por apresentarem características frágeis em relação ao seu uso, também com vista a sua conservação e contribuição para a melhoria da qualidade dos corpos hídricos. Apresentam-se na maior parte da área da microbacia e sofrem impacto direto pelas residências e empreendimentos instalados. O solo apresenta função de preservação hídrica ou de indicador deste, por isso a boa conservação de seu uso reflete diretamente nas águas.

A categoria 3 é representado pelo Nitossolo Vermelho Eutrófico Tb A moderado. Com sua boa drenagem e profundidade se torna um solo mais resistente aos processos erosivos e com isso apresenta maior estabilidade, fazendo com o seu proveito seja bom para agricultura e pecuária. Especialmente se localiza em grande porção ao sul e fragmentos no centro da

microbacia, são encontrados principalmente em encostas e morros. O uso que este solo permite conforme suas formações naturais podem apresentar nivelamento nas questões econômicas e ambientais.

Na categoria 4 o Argissolo Vermelho Distrófico Ta A proeminente e o Cambissolo Háplico Alumínico estão representados. Possuem em comum bons níveis para a ocupação humana, instalação de empreendimentos e agricultura porque são bem drenáveis, tem baixa susceptibilidade de erosão e possuem características naturais de resistência. Aplicado no enquadramento dos cursos de água estes solos se agregam aos usos de classe 3, onde é aceitável maior presença antrópica.

Na categoria 5 estão as classes de Áreas Urbanizadas, Botas-Foras e áreas de empréstimo. São classes que tiveram total descaracterização por fontes antrópicas e trazem malefícios para manter a qualidade ambiental equilibrada. O mapa apresenta grande ocupação antrópica e áreas degradadas que quando relacionada com a qualidade hídrica se encontram a níveis baixos de qualidade, desta forma foi indicado esta categoria.

4.1.5 Censo Domicílio

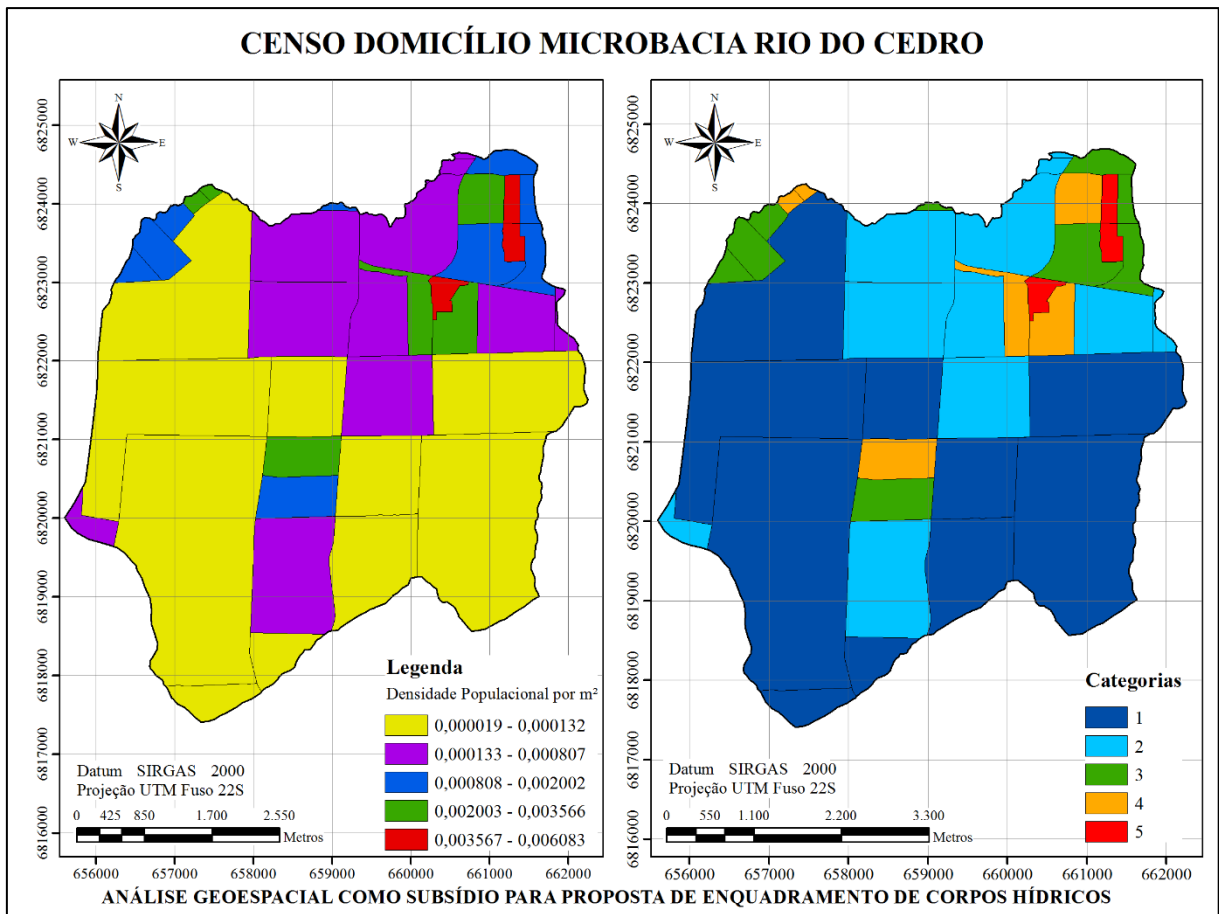
Este critério tem como função principal apontar as localidades dentro da área de estudo a sua densidade populacional. Os setores censitários estão distribuídos espacialmente conforme dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Para o cálculo da densidade populacional foram utilizados dados de pessoas residentes e área destas residências, a equação 02 demonstra como foi realizado.

(02)

$$Densidade\ Populacional = \frac{População\ Residente\ (Pessoas)}{Área\ (m^2)} = Pessoas/m^2$$

Com as informações tratadas foi possível a definição de áreas que tenham maior e menor densidade populacional, assim dividiu-se em 5 classes para determinação espacial. A categorização destas informações foi realizada conforme metodologia proposta neste trabalho, assim apresentado na figura 16.

Figura 16 – Mapa de Censo Domicílio da Microbacia do Rio do Cedro.



Fonte: Do Autor, 2016.

A categoria 1 está representada pela densidade populacional entre 0,000019 e 0,000132 habitantes por metro quadrado. Espacialmente pode ser encontrado em grande parte do mapa, pois esta região da cidade não tem grandes concentrações ocupacionais. Para manter e melhorar a qualidade do sistema hídrico desta região a situação em que se encontra é favorável para isto, pelo fato de que possui baixa concentração de pessoas residentes trazendo menores impactos.

A categoria 2 é composta pelo intervalo de 0,000133 a 0,000807 habitantes por metro quadrado. A conservação hídrica nestas áreas é atribuída pela baixa densidade de pessoas residentes, ou seja, quanto menor for a ocupação humana na área maior será a conservação dos recursos ambientais. Sua predominância fica a norte da microbacia, onde já se encontram maiores recursos urbanísticos, empresariais e infraestrutura.

A categoria 3 compreende a densidade de 0,000808 a 0,002002 habitantes por metro quadrado. Presente na região nordeste da área estudo esta classe já tem influências nos rios pelo lançamento de esgoto doméstico. Este intervalo pode influenciar em áreas de entorno dos corpos de água, fazendo com que por diferentes motivos haja contaminação deste recurso.

A categoria 4 está representada pelo intervalo de 0,002003 a 0,003566 habitantes por metro quadrado. Nesta classe a ocupação antrópica é ainda mais intensa, tendo número maior de casas, estruturas públicas (escolas, postos de saúde, creches) e pequenas empresas (padarias, mercados, farmácias). Todas estruturas presentes nestas áreas interferem diretamente nas calhas e leito dos rios, causando problemas como redução da mata ciliar, erosão de margens e contaminação hídrica.

A categoria 5 apresenta densidade de 0,003567 a 0,006083 de habitantes por metro quadrado. Nos limites da microbacia se localiza pequenos fragmentos a nordeste, entretanto, com altíssima densidade populacional em relação as outras classes. A grande urbanização tem interferências drásticas nos rios devido ao melhor aproveitamento do território, com isso se tem a canalização de rios, desvio do leito original e retificação de canais.

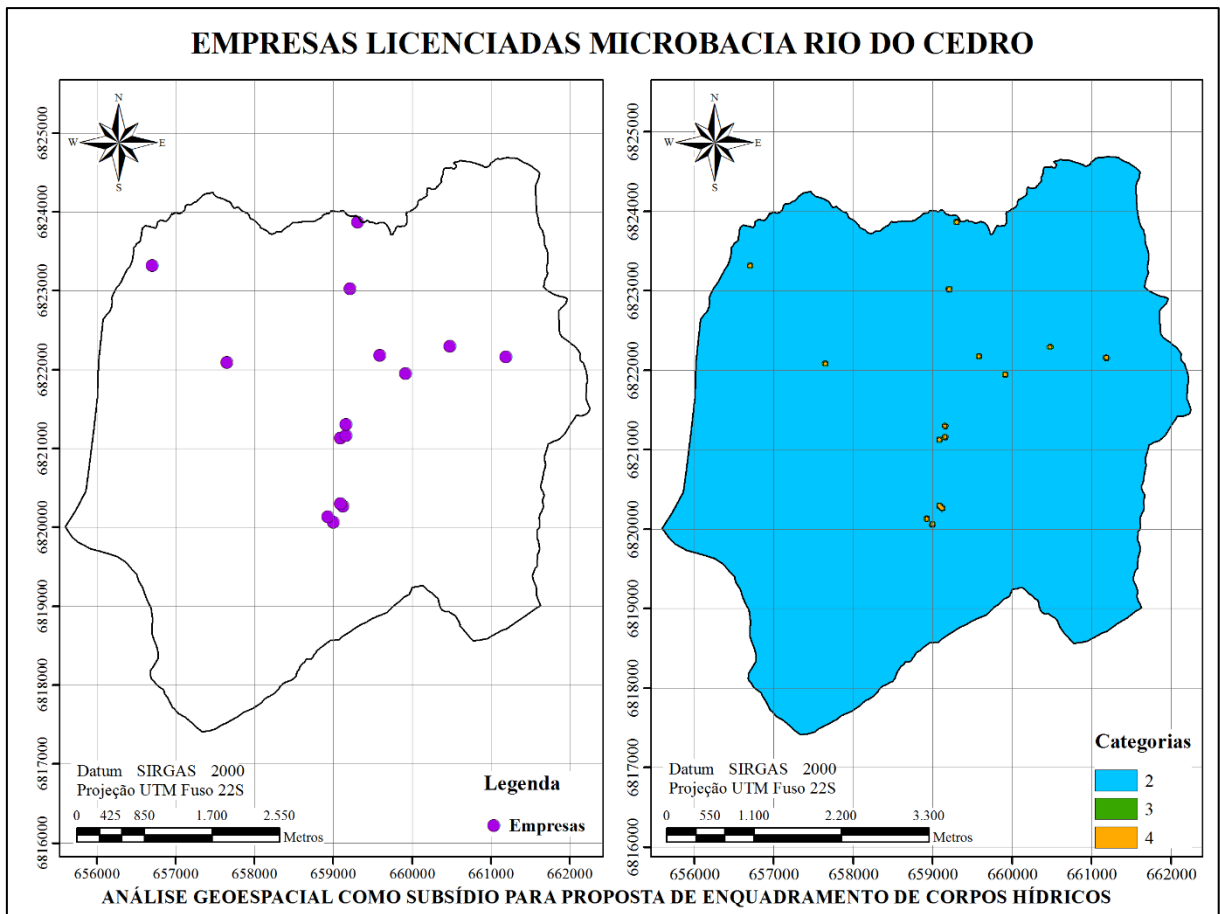
4.1.6 Empresas Licenciadas

As informações contidas neste mapa revelam a quantidade de empreendimentos instalados e licenciados pela Fundação do Meio Ambiente de Criciúma - FAMCRI, destaca-se que este órgão ambiental tem competência apenas de licenciar empresas com potencial degradador local. Com base nestas informações é possível identificar os níveis de impacto socioambientais e seus reflexos nas suas imediações.

As atividades que se encontram instaladas e operando dentro da microbacia são: posto de combustível, serviços de usinagem e solda, aparelhamento de pedras (mármore e granitos), fabricação de móveis de madeira, serralheria, fabricação de máquinas e peças, indústria gráfica, ferro velho, serviços de lavanderia e lavagem de veículos (FAMCRI, 2016).

Para a visualização de como estes empreendimentos impactam os recursos hídricos e seu entorno foi feita análise das empresas licenciadas em forma de densidade, desta forma obteve-se a categorização deste critério que está apresentado na figura 17.

Figura 17 - Mapa de Empresas Licenciadas.



Fonte: Do Autor, 2016.

As ponderações para as categorias 1 e 5 não foram realizadas para este critério pelo fato de não apresentarem as considerações estipuladas na metodologia deste trabalho.

A categoria 2 é aquela em que não possui nenhuma empresa instalada com licença ambiental emitida pela FAMCRI. Baseado nos usos de água e considerando estas áreas sem impactos significativos aos rios, opta-se pela destinação principal à preservação ambiental, abastecimento público e recreação.

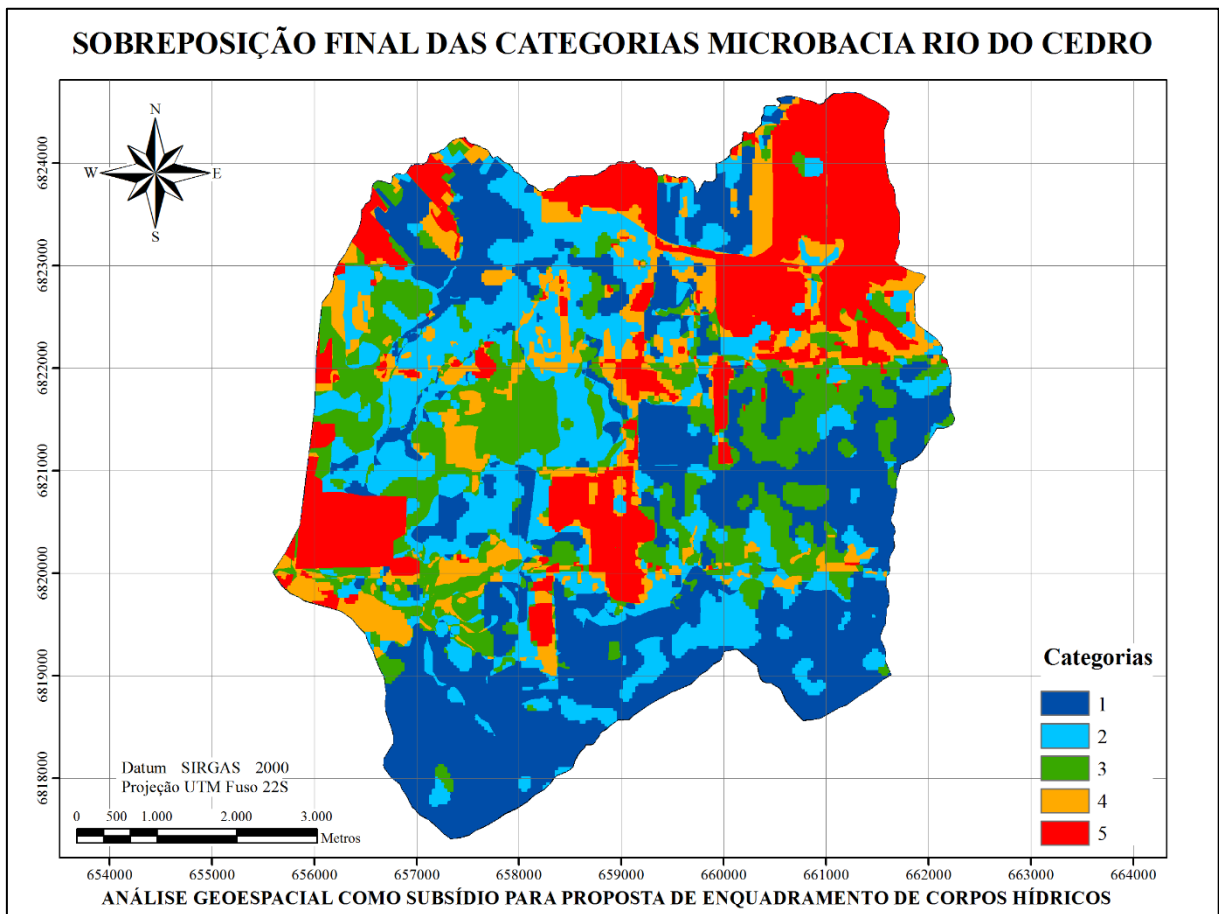
Na categoria 3 foi realizado uma área de influência dos empreendimentos instalados de 10 metros, desta forma se pode caracterizar este local como sendo parcialmente industrializado. Neste sentido se optou por esta categoria para que os usos de água sejam mais direcionados a população e recreação.

A categoria 4 é onde a empresa está instalada, assim se entende que o ambiente esteja totalmente ocupado e consolidado. Com referência aos cursos hídricos estes podem ser destinados ao uso industrial.

4.2 PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS

Após a categorização de todos os mapas base foi realizado a sobreposição deles através do *software* ArcGIS® 10.1, utilizando a ferramenta de união de camadas. Com a elaboração de um mapa final contendo todos os critérios elencados é possível definir as classes dos usos de água. A figura 18 apresenta o cruzamento e classificação de todas as informações utilizadas para subsidiar esta proposta de enquadramento.

Figura 18 – Metodologia para Definição do Enquadramento.

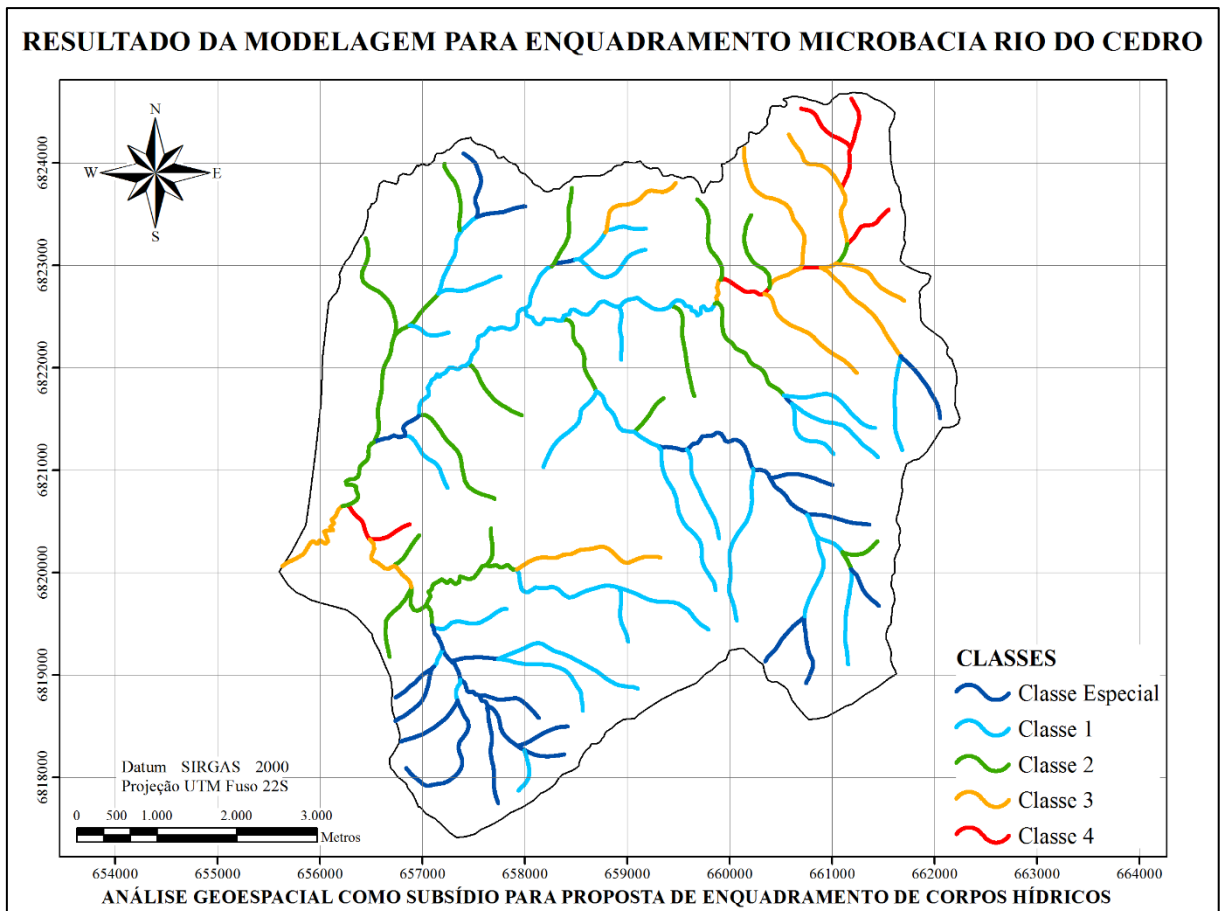


Fonte: Do Autor, 2016.

De acordo com a metodologia estabelecida neste trabalho alguns critérios tiveram contribuição maior para alcançar este mapa, assim explicitando algumas condições na análise final. De maneira geral o cruzamento de todas as informações mostrou os pontos de maior interferência antrópica como urbanização, áreas degradadas e empreendimentos instalados como também apontou as localidades mais preservadas e utilizadas de forma sustentável.

A figura 19 apresenta o modelo gerado pelo *software* para a definição do enquadramento conforme os critérios estabelecidos neste estudo.

Figura 19 – Enquadramento dos Corpos Hídricos Preliminar.



Fonte: Do Autor, 2016.

O enquadramento que resultou neste modelo se refere as condições ambientais, físico territorial e socioeconômicas que representam a atualidade da microbacia. Em análise percebe-se que os rios de cabeceira da porção sul apresentam classes especial e 1, ou seja, condiz com o modelo de sobreposição e representa o melhor enquadramento no que se refere aos seus usos. A região nordeste teve seus rios classificados em classe 4 pela alta densidade populacional, áreas degradadas e por questões físicas e territoriais instáveis.

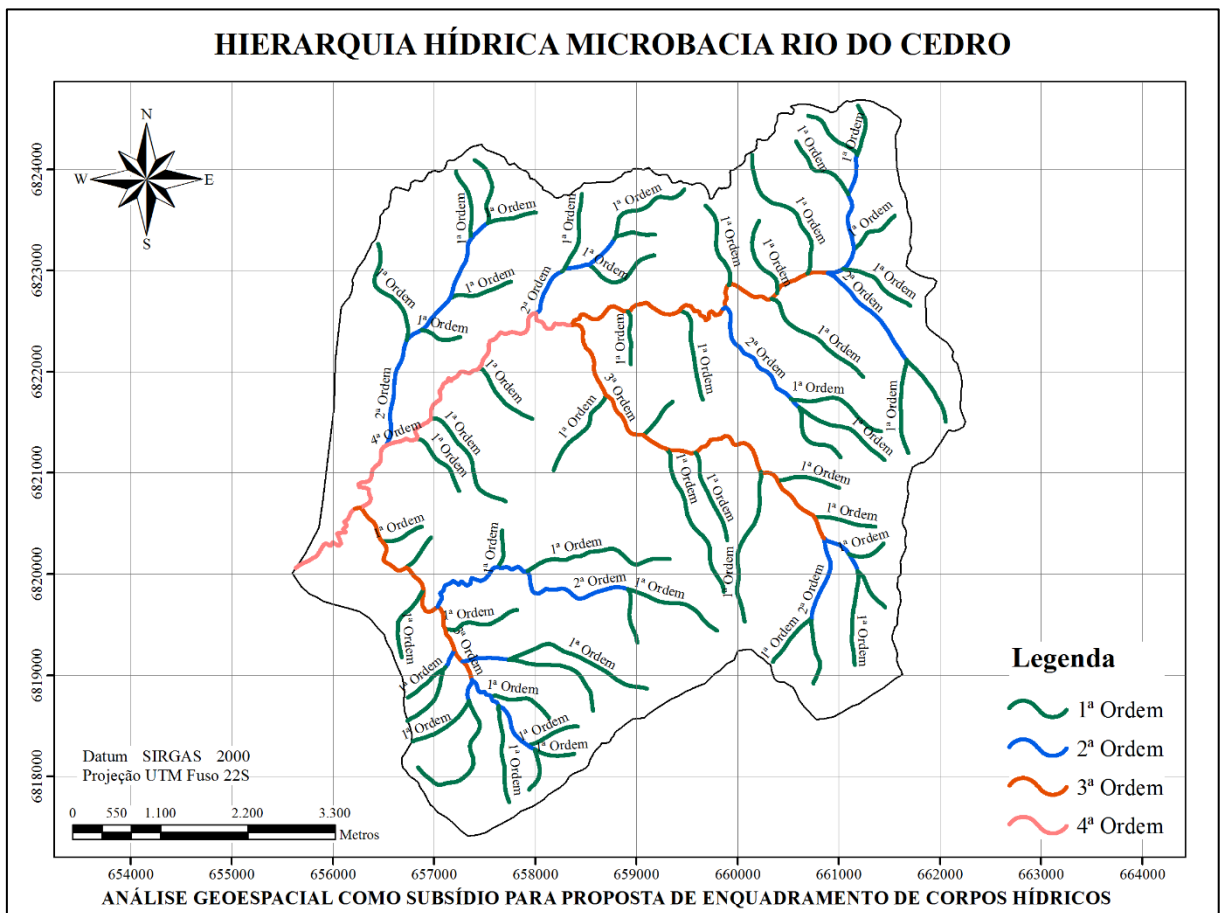
O mapa final é uma importante ferramenta para a tomada de decisão e gestão hídrica, pois a classificação resultante representou muito bem a situação em que foi categorizada a microbacia.

No entanto fica perceptível que no decorrer de alguns trechos há rios com usos muito restritos seguido de outros com usos muito abrangentes, por exemplo na região nordeste, onde um curso de água de classe 4 se torna a jusante em classe especial, desta forma tornando inviável economicamente manter o enquadramento deste trecho. A suavização deste enquadramento e a proposta de melhorias referente a maiores restrições de usos foi analisada

levando em consideração fatores como nível de preservação (análise por aerofoto), hierarquia hídrica, visita técnica e usos atuais e preponderantes.

A imagem aérea é uma das melhores ferramentas para observação das transformações do uso de solo em uma região, seguindo este contexto houve readequação de algumas classes de rios. A hierarquia dos corpos hídricos (figura 20) é bem determinante no pensamento de melhorar a qualidade ambiental de um rio, isso porque com a elevação do ordenamento os rios tendem a ser mais largos, profundos e possuem autodepuração representativa nas zonas de confluência. Enquanto os rios de ordens iniciais possuem tendência de serem riachos e com pouca vazão de escoamento.

Figura 20 - Ordenamento hidrográfico segundo Strahler.



Fonte: Do Autor, 2016.

O rio principal é considerado aquele com maior quantidade de afluentes e sendo conseqüentemente o que possui o nível máximo de ordenamento, o Rio do Cedro possui estas características. De maneira geral este é o mais afetado pelas descargas hídricas, pois é responsável pela drenagem da microbacia, em termos de enquadramento se pensou em

especificar trechos de diferentes qualidades baseados no conceito da hierarquia dos corpos de água.

Outrossim, visando-se o embasamento para a proposta do enquadramento foi realizada uma saída a campo objetivando averiguar trechos pré-estabelecidos para alterar a classificação proposta gerada pelo modelo. Especificamente foram visitados trechos do Rio do Cedro conforme figura 21, visto que estava sendo o principal motivo das dúvidas para realização da proposta.

Figura 21 – Trechos Rio do Cedro.



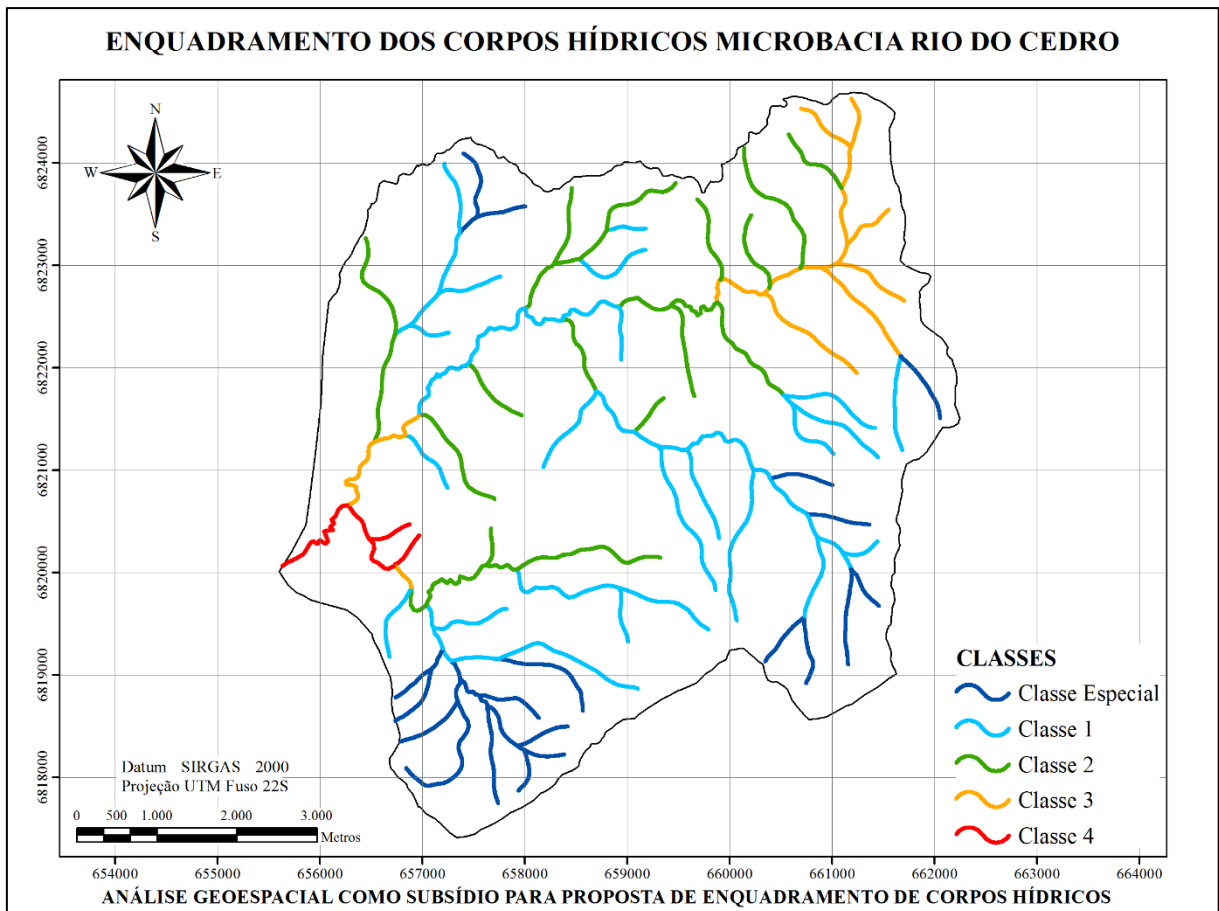
Fonte: Do Autor, 2016.

A imagem 2 e 5 representa o seguimento do rio de 2ª ordem localizado próximo a mancha urbana e rodovia intermunicipal. A fotografia 4 está localizada logo após a confluência de dois rios de 3ª ordem com predominância de campos e atividades rurais. A imagem 1 e 3 apresentam rio de 4ª ordem sendo mais largo, profundo e com menor turbidez, assim demonstrando que realmente a elevação do ordenamento dos rios tem interferência na sua qualidade.

A definição dos usos preponderantes teve como base os usos atuais que foram identificados no modelo elaborado, com intuito de elevar o grau de preservação e manter níveis de qualidade que sejam adequados para os usos estipulados.

Com base em todas estas informações levantadas é apresentado na figura 22 a proposta de enquadramento de corpos hídricos conforme seus usos preponderantes definidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Figura 22 – Proposta de Enquadramento.

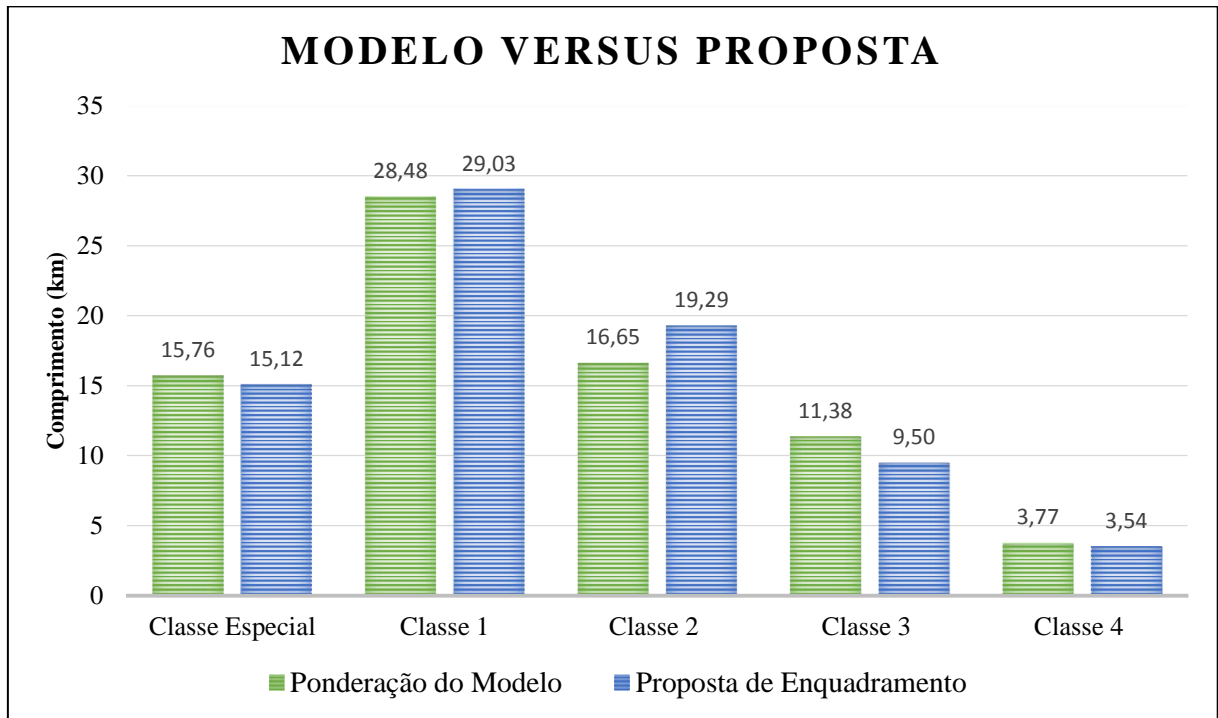


Fonte: Do Autor, 2016.

A microbacia apresenta todas as classes de usos preconizadas em resolução Federal pelo motivo de ter muita interferência antrópica, no entanto, em relação ao enquadramento modelado este teve alterações como padronização de classes em alguns usos, suavização na troca de classes em diferentes trechos do mesmo rio e elevação do enquadramento de alguns corpos hídrico.

O modelo gerado foi baseado pela média dos valores assimilados aos vetores e que estipularam a cor de cada comprimento de rio. Com isso foi possível quantificar o valor total em quilômetros para cada classe, e desta forma manusear tais informações através do *software* Microsoft Excel 2013. O resultado apresentado é uma comparação entre o comprimento de rio modelado e a proposta de enquadramento (figura 23).

Figura 23 – Balanço do Enquadramento de Corpos Hídricos.



Fonte: Do Autor, 2016.

A figura 23 representa em valores de comprimento (km) a distribuição de classes de uso no território da microbacia hidrográfica que foi gerado pelo modelo adotado neste trabalho e o ajuste realizado para a proposta final.

Os rios enquadrados como classe especial mantiveram-se praticamente idênticos, o que mostra que a metodologia é válida e muito útil para auxílio nestas propostas. Os rios de classe 1 e 2 obtiveram crescimento na proposta final deste trabalho, este aumento é devido à elevação do seu enquadramento para que se torne mais restrito e isto é refletido na diminuição dos rios classe 3 e 4.

Desta maneira este trabalho apresentou uma proposta de enquadramento dos corpos hídricos com uso de técnicas de geoprocessamento, análise geoespacial e análise multicritério como metodologia para o planejamento ambiental e hídrico.

5 CONCLUSÃO

O enquadramento dos recursos hídricos é uma obrigatoriedade estabelecida por Legislação Federal e que deve levar em consideração os usos atuais e preponderantes de bacias, sub-bacias e microbacias hidrográficas. Unidades Federativas que não tem seus rios enquadrados por meio de estudos técnicos são conforme CONAMA nº 357 de 2005 rios de classe 2.

A metodologia adotada para a elaboração deste trabalho foi a de buscar critérios que tivessem interferências diretas nos cursos de água e categoriza-las conforme as classes de usos previstas em lei. Com isto agregou-se todos os mapas categorizados em um só para análise e proposta de enquadramento. Como resultado obteve-se os rios classificados com base no mapa final categorizado e este apresentou boa adequação frente a metodologia elaborada. A análise multicritérios deu condição para demonstrar a distribuição de classes hídricas e em cima dela propor a melhoria visando a qualidade do rio. Assim é válida esta metodologia para auxílio em propostas de enquadramento de corpos hídricos, bem como a inserção de outras variáveis que possam ser significativas no momento de estabelecer classes de usos aos corpos de água.

A ferramenta do geoprocessamento permite uma visão ampla da realidade estudada, uma vez que é possível a caracterização de todas as pressões sofridas pelos rios como urbanização, empreendimentos, agricultura e áreas degradadas pela mineração que fazem com que os rios percam sua biodiversidade natural e qualidade ambiental.

O enquadramento que foi proposto é uma maneira de manter a boa qualidade dos rios de cabeceiras e alcançar metas de despoluição e preservação ambiental. Os órgãos fiscalizadores do município tendo a classificação dos seus corpos hídricos possuem uma ferramenta potente de planejamento ambiental, uma vez que pode aprovar ou não a instalação de empreendimentos, instalação de residências e controlar a atividades de agricultura.

Sugere-se para o aprimoramento deste trabalho a introdução de critérios como: parâmetros de qualidade da água em condição atual, parâmetros hidrogeológicos, deflúvios superficiais, vazões de referência e dados hidrológicos. Desta forma acrescentando maior qualidade e precisão na apresentação do enquadramento final.

Sugere-se especificamente para área de estudo adotada neste trabalho a inclusão de critérios como bocas de minas abandonadas, áreas degradadas que estão em processo de recuperação e dados referente aos passivos ambientais provenientes da extração de carvão mineral da Ação Civil Pública.

Neste trabalho foi usado para modelar as classes dos rios a média dos pixels em que a linha de cada rio estava sobreposta, esta foi uma abstração da realidade entendida como aceitável neste trabalho, todavia, poderia ser incorporado a tal análise as áreas de influência de cada trecho de rio. Fica também como sugestão o uso de bases como Ottobacias hidrográficas ou as malha hexagonal para derivação de unidades de análise da paisagem.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Implementação do Enquadramento em Bacias Hidrográficas; Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – Snirh**: Arquitetura Computacional Sistêmica. Brasília, 2009.

AMARO, Cristiane Araújo. **Proposta de um Índice para Avaliação de Conformidade da Qualidade dos Corpos Hídricos ao Enquadramento**. 2009. 224 p. Dissertação (Mestrado) – Escola politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 357** de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a Classificação dos Corpos de Água e Diretrizes para seu Enquadramento. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente; Ministério da Educação; Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor; Consumers International. **Manual de Educação para o Consumo Sustentável**. Brasília, DF, 2005, 160 p.

BRASIL. Conselho Nacional dos Recursos Hídricos. **Resolução nº 91** de 05 de novembro de 2008. Dispõe sobre Procedimentos Gerais para o Enquadramento dos Corpos de Água Superficiais e Subterrâneos. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CNRH%20n%C2%BA%2091.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

BRASIL. **Lei nº 9.433** de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em 20 mar. 2016.

_____. **Decreto nº 7.830** de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm>. Acesso em 14 fev. 2016.

BRITES, Ana Paula Zubiaurre. **Enquadramento dos Corpos de Água Através de Metas Progressivas**: Probabilidade de Ocorrência e Custos de Despoluição Hídrica. 2010. 177 p. Tese (Doutorado) – Universidade Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2010.

BRITTO, Luiza Teixeira de Lima; SILVA, Aderaldo de Souza; PORTO, Everaldo Rocha. **Disponibilidade de Água e a Gestão dos Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36533/1/OPB1514.pdf>>. Acesso em: 28 de dez. 2015.

CAIXETA, Paulo Ricardo Corrêa; et al. **Análise Multi-Critério (MCE) Aplicada ao Mapeamento de Áreas Susceptíveis a Movimentos de Massas na Área Urbana de Viçosa-MG**. 2012. Anais IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, p. 001-009.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. Introdução à Ciência da Geoinformação. Capítulo 10. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2015.

CASTRO, Paulo Santana; LIMA, Francisca Zenaide; LOPES, José Dermeval Saraiva. **Recuperação e Conservação de Nascentes**. Viçosa – MG, CPT, 2007, 272p.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 313 p.

_____. **Geomorfologia**. 2 ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p. ISBN 8521201303

COSTA, Marcelo Pires da; CONEJO, João Gilberto Lotufo. **A Implementação do Enquadramento dos Corpos D'Água em Bacias Hidrográficas: Conceitos e Procedimentos**. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/93c66dcf0a338a9675c7b7b00b7dc1b0_deff93153c1ae6523493dd7e57d6a078.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2015.

CRICIÚMA. **Lei Complementar Municipal nº 095** de 28 de dezembro de 2008. Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Criciúma. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/sc/c/criciuma/lei-complementar/2012/9/95/lei-complementar-n-95-2012-institui-o-plano-diretor-participativo-do-municipio-pdpm-de-criciuma-e-da-outras-providencias>>. Acesso em 03 mai. 2016.

CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 472 p.

DURLO, Miguel Antão; SUTILI, Fabrício J. **Bioengenharia: Manejo Biotécnico de Cursos de Água**. Porto Alegre: EST, 2005. 189 p. ISBN 8575171038 (broch.)

FERREIRA, Igor Lacerda. **O Geoprocessamento na Gestão de Recursos Hídricos: A Análise Espacial na Proposta de Enquadramento dos Corpos de Água**. 2011. 49 p. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

FERREIRA, Patricia Silva; PEREIRA, Joelson Gonçalves. **Aspectos Geoambientais para Enquadramento da Classe de Uso da Água do Córrego de Arame, Dourados – MS.**

Disponível em: <<http://www.seminarioamericaplatina.com/restrito/trabalho/Patricia-Silva-Ferreira-291014-1551-TRABALHO%20COMPLETO%20-%20V%20SEMIN%C3%81RIO%20AM%C3%89RICA%20PLATINA.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

FITZ, Paulo Roberto. **Cartografia Básica.** Nova ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008 143 p. ISBN 9788586238765 (broch.).

FREITAS, André Luís Policani; MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira. **A Metodologia de Multicritério como Ferramenta para Tomada de Decisões Gerenciais: Um Estudo de Caso.** Disponível em:

<<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/viewFile/116/66>>. Acesso em 03 abr. 2016.

GALLINA, Karla Libardi. **Enquadramento de Corpos de Água em Pequenas e Micro Bacias Hidrográficas Rurais de Base Agrícola Familiar: Subsídios à Elaboração da Fase Diagnóstica.** 2014. 97 p. Dissertação (Mestrado) – Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4.ed São Paulo: Atlas, 2002. 175 p. ISBN 9788522431694 (broch.).

INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS - IPAT. **Insumos para Revisão do Plano Diretor do Município de Criciúma:** Volume 1: Estudos, Elaboração de Mapas Temáticos, Levantamentos de Dados e Pesquisas Gerais. Criciúma, 2007.

LOCH, Ruth E. Nogueira. **Cartografia: Representação, Comunicação e Visualização de Dados Espaciais.** Florianópolis: Ed. UFSC, 2006. 314 p. ISBN 853280344X

MORESI, Eduardo (Org). **Metodologia da Pesquisa.** disponível em:

<<http://www.inf.ufes.br/~falbo/files/MetodologiaPesquisa-Moresi2003.pdf>>. Acesso em: 05 de março de 2016.

MOURA, Ana Clara Mourão. **Reflexões Metodológicas como Subsídio para Estudos Ambientais em Análise Multicritério.** 2007. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, INPE, p. 2899-2906.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **A Ética do Uso da Água Doce: Um Levantamento.** Brasília. 2001.

_____. **Fatos e Dados: Relatório Mundial das Nações Unidas Sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 4: O manejo dos Recursos Hídricos em Condições de Incerteza e Risco.** Brasília. 2012.

PINTO, Nelson L. de Souza (...[et al.]). **Hidrologia Básica.** São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 278 p. ISBN 8521201540

PORTES, Raquel de Castro. **Determinação da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa – MG Através de Geoprocessamento e Análise Multicritério.** 2008. 58 p. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

RAMOS, Djacir. **Geodésia na Prática.** 5. ed. São Paulo: Ed. do Autor, 2006. 209 p.

ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar.** 2. ed. rev., atual e ampl. Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2002. 219 p. ISBN 8590148319

_____. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar.** Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2000. 219 p.

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luís Silva. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica.** Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia, 1996. 104 p. ISBN 85-7078-029-X

ROSÁRIO, Gabriela Oliveira. **Análise Espacial Aplicada à Determinação do Risco de Erosão do Solo na Porção Noroeste do Município de Itabirito.** 2010. 33 p. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SANTOS, Nádia Antônia Pinheiro; CAMARGOS, Luiza de Marillac Moreira; SERPA, Carolina Fumian. **O Uso de Técnicas de Geoprocessamento como Subsídio para Elaboração de Propostas de Enquadramento dos Corpos de Água: O caso da Bacia do Hidrográfica do Rio Paracatu.** 2007. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, INPE, p. 3533-3540.

SILVA, Reginaldo Macedônio da. **Introdução ao Geoprocessamento: Conceitos, Técnicas e Aplicações.** Novo Hamburgo, RS: FEEVALE, 2007. 176 p. ISBN 9788577170449 (broch.)

SDS, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Sustentável. **Ortofoto do Município de Criciúma**. Santa Catarina, 2012, il.

SUGUIO, Kenitiro. **Água**. Ribeirão Preto, SP: Holos, 2006. 248p. ISBN 8586699527 (broch.)

TUNDISI, José Galízia; TUNDISI, Takako Matsumura. **A Água**. 2. ed. São Paulo: PubliFolha, 2009. 120 p. (Folha explica) ISBN 9788574026558 (broch.)

VALENTE, Osvaldo Ferreira; GOMES, Marcos Antônio. **Conservação de Nascentes: Hidrologia e Manejo de Bacias Hidrográficas de Cabeceiras**. Viçosa, MG: Aprenda fácil, 2005. 210 p. ISBN 8576300125

VILLELA, Swami Marcondes. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Ed. McGraw-Hill do Brasil, 1975. 237 p.