



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

ELIANA CRISTINA MARIANO NOGARINI

POTENCIAL DE EXPANSÃO DA AGRICULTURA IRRIGADA NA UGRHI DO RIO
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS

Ilha Solteira
2019

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULACÃO EM
RECURSOS HÍDRICOS - PROFÁGUA

ELIANA CRISTINA MARIANO NOGARINI

POTENCIAL DE EXPANSÃO DA AGRICULTURA IRRIGADA NA UGRHI DO RIO
SÃO JOSÉ DOS DOURADOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, por meio da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP Câmpus Ilha Solteira) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

Ilha Solteira
2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

N774p Nogarini, Eliana Cristina Mariano.
Potencial de expansão da agricultura irrigada na UGRHI 18 do rio São José dos Dourados / Eliana Cristina Mariano Nogarini. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2019 67 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, 2019

Orientador: Fernando Braz Tangerino Hernandez
Inclui bibliografia

1. Gestão de recursos hídricos. 2. UGRHI 18. 3. Uso do solo. 4. Outorga de recursos hídricos. 5. Disponibilidade hídrica.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: POTENCIAL DE EXPANSÃO DA AGRICULTURA IRRIGADA
NA UGHRI RIO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS


AUTORA: ELIANA CRISTINA MARIANO NOGARINI

ORIENTADOR: FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em GESTÃO E REGULAÇÃO
DE RECURSOS HÍDRICOS, área: Instrumentos de Política de Recursos Hídricos pela Comissão
Examinadora:


Prof. Dr. FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - SP


Prof. Dr. RENATO ALBERTO MOMESSO FRANCO
Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária / Associação De Ensino E Cultura De Mato Grosso Do
Sul - AEMS


Pesquisador Doutor LINEU NEIVA RODRIGUES
Embrapa / Cerrados

Ilha Solteira, 28 de fevereiro de 2019

Dedico este trabalho ao meu esposo e a toda minha família que me apoiaram durante todo este percurso.

Dedico também ao ProfÁgua e aos inúmeros colegas com os quais troquei experiências imensuráveis ao longo deste caminho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as alegrias, pela saúde e pela força que me concedeu, para que conseguisse chegar até aqui.

Ao meu marido Alécio, minhas filhas Heloisa e Maria Eduarda e minha mãe Natalina, pela compreensão nos momentos de ausência em que me dediquei a este trabalho.

Agradeço em especial a meu pai, José Mariano Neto (*in memorian*), que foi meu exemplo de dedicação e força de vontade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento

À toda equipe de docentes e Coordenadores do ProfÁgua, e em especial ao meu orientador, Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez por todo o apoio neste processo.

Aos colegas, pela amizade construída durante todo este percurso, à qual facilitou os momentos difíceis.

Nunca o homem inventará nada mais simples nem mais belo do que uma manifestação da natureza. Dada a causa, a natureza produz o efeito no modo mais breve em que pode ser produzido.

Leonardo da Vinci

RESUMO

Os estudos relacionados aos recursos hídricos têm se mostrado cada vez mais necessários para os Órgãos Gestores de Recursos Hídricos devido à freqüente possibilidade de escassez de água para os usos múltiplos nas bacias hidrográficas. A Unidade de Gestão de Recursos Hídricos - UGRHI 18 pode sofrer conflitos pelo uso de água em função de suas demandas, além de apresentar a maior evapotranspiração do Estado de São Paulo e oito meses de deficiência hídrica no ano. Diante desta condição climática, o uso da irrigação é fundamental para repor as necessidades hídricas e garantir a produtividade máxima das culturas. O objetivo geral deste estudo foi avaliar o potencial de expansão da irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados. Os objetivos específicos foram: Fazer o balanço entre disponibilidade e demanda em cada Sub-bacia; e por fim, identificar áreas potenciais para irrigação. Neste trabalho foram identificadas na Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados as Áreas potenciais de irrigação, que são aquelas naturalmente aptas à agricultura irrigada, sem restrições ambientais, além de disponibilidade de água, e as Áreas não potenciais de irrigação que são as demais áreas onde um conjunto de fatores naturais e ambientais, impede o desenvolvimento da agricultura irrigada nos padrões atuais. Este estudo demonstrou que o potencial de expansão das áreas irrigadas da UGRHI 18, se referindo a Bacia como um todo chega a 1270 %, ou seja, quase 13 vezes mais que a área atual irrigada. No entanto, quando se analisa cada Sub-bacia (SB) individualmente, observa-se que a SB 2 já ultrapassou 50% da $Q_{7,10}$ que é a vazão outorgável pelo Órgão Gestor (DAEE) e apresenta-se em estado crítico quanto a disponibilidade. Para que a expansão da área irrigada aconteça de forma sustentável na UGRHI 18, ações imediatas devem ser empreendidas no sentido de promover a maior permanência de água nas Sub-bacias e isso deve ser feito com práticas de conservação do solo e barramento. Também há de se considerar que o potencial de expansão de áreas irrigadas é resultado apenas dos recursos hídricos superficiais de domínio estadual. Ou seja, no cálculo não foi considerado o potencial de expansão das áreas irrigadas com os recursos hídricos captados no Rio Paraná, de domínio da ANA, no exutório da Bacia Hidrográfica, portanto, na realidade, este potencial de expansão é ainda maior se considerado também as captações no Rio Paraná. Por isso, a ANA tem papel fundamental na expansão da agricultura irrigada na SB 1, próximo ao exutório, podendo ofertar recursos hídricos em quantidade maior que o DAEE.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos. UGRHI 18. Uso do solo. Outorga de recursos hídricos. Disponibilidade hídrica.

ABSTRACT

Studies related to water resources have been increasingly needed by Water Resources Governing Bodies because of the frequent possibility of water scarcity for multiple uses in river basins. The Water Resources Management Unit - UGRHI 18 can suffer conflicts due to the use of water as a function of its demands, in addition to presenting the highest evapotranspiration in the State of São Paulo and eight months of water deficiency in the year. In view of this climatic condition, the use of irrigation is fundamental to restore water requirements and guarantee the maximum productivity of crops. The general objective of this study was to evaluate the potential of irrigation expansion in the São José dos Dourados River Basin. The specific objectives were: to balance the availability and demand in each Sub-basin; and finally identify potential areas for irrigation. In this work, the Potential Irrigation Areas were identified in the San José dos Dourados River Basin, which are those that are naturally suitable for irrigated agriculture, with no environmental restrictions, besides the availability of water, and the non-potential irrigation areas that are the other areas where a set of natural and environmental factors, prevents the development of irrigated agriculture in current patterns. This study demonstrated that the potential for expansion of the irrigated areas of UGRHI 18, referring to the Basin as a whole reaches 1270%, that is, almost 13 times more than the current irrigated area. However, when analyzing each Sub-basin (SB) individually, it is observed that SB 2 has already exceeded 50% of $Q_{7,10}$, which is the flow granted by the Governing Body (DAEE) and presents itself in critical condition for availability. In order for irrigated area expansion to take place sustainably at UGRHI 18, immediate action should be taken to promote greater water permanence in sub-basins and this should be done with soil and bush conservation practices. It should also be considered that the potential for expansion of irrigated areas is only a result of surface water resources in the state domain. In other words, in the calculation, the potential for expansion of the irrigated areas with the water resources captured in the Paraná River from the ANA domain in the Watershed Basin was not considered, so in reality this potential for expansion is even greater if it is also considered the abstractions in the Paraná River. Therefore, ANA has a fundamental role in the expansion of irrigated agriculture in SB 1, near the exuter, and can supply water resources in a larger amount than the DAEE.

Keywords: Water resources management. UGRHI 18. Land use. Granting of water resources. Water availability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classes de enquadramento das águas-doces e usos respectivos.....	23
Figura 2 - Localização da UGRHI 18 formada pela Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados dentro do Estado de São Paulo.....	28
Figura 3 - Divisão da UGRHI 18 em Sub-bacias.....	29
Figura 4 - Limites e municípios que constituem a Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados-SP.....	31
Figura 5 - Mapa da hidrografia da UGRHI 18, conforme Decreto 10.755/77.....	35
Figura 6 - $Q_{7,10}$ das Sub-bacias da UGRHI 18	41
Figura 7 - Demanda de Recursos Hídricos Superficiais da UGRHI 18 no DAEE, por Sub-bacias	43
Figura 8 - Demanda de recursos superficiais de domínio da União – UGRHI 18 – ANA.....	46
Figura 9 - Regionalização hidrológica na UGRHI 18 por Sub-bacias	50
Figura 10 – Mapa de Uso e ocupação do solo na UGRHI 18.....	52
Figura 11 – Áreas aptas para irrigação da UGRHI 18 por Sub-bacias.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área das Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados-SP...	30
Tabela 2 – Vazão de Referência – $Q_{7,10}$	40
Tabela 3 - Demanda de águas superficiais na UGRHI 18 – DAEE.....	42
Tabela 4 - Demanda de Recursos Hídricos Superficiais na UGRHI 18 – DAEE, por Sub-bacia.....	44
Tabela 5 - Vazões de outorgas de captações superficiais da ANA e DAEE separadas por tipos de usos.....	44
Tabela 6 – Números de outorgas de captações superficiais da ANA e DAEE separadas por tipos de usos.....	44
Tabela 7 - Disponibilidade hídrica superficial na UGRHI 18– DAEE.....	48
Tabela 8 – Valores de referência para classificação da Demanda total em relação a $Q_{7,10}$	48
Tabela 9 – Disponibilidade hídrica – outorgável das Sub-bacias da UGRHI 18.....	48
Tabela 10 - Quantificação do Uso e Ocupação do Solo por Sub-bacia.....	54
Tabela 11 - Áreas aptas para irrigação.....	57
Tabela 12 - Potencial de expansão das áreas irrigadas da UGRHI 18 por Sub-bacias, com recursos hídricos de domínio do DAEE.....	58
Tabela 13 - Estimativa de áreas aptas para irrigação, áreas já irrigadas e áreas potenciais de expansão, nas Sub-bacias da UGRHI 18.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS

ABID	Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem
AIA	Avaliação dos Impactos Ambientais
ANA	Agência Nacional de águas
APP	Áreas de Preservação Permanente
BPAS	Boas Práticas Agrícolas
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CRHi	Coordenadoria de Recursos Hídricos
DAEE	Departamento de Água e Energia Elétrica
IA	Impacto Ambiental
LDGA	Laboratório de Diagnóstico e Gestão Ambiental
PDA	Projetos de Desenvolvimento Agrário
PNRH	Política Nacional dos Recursos Hídricos
QFS	Qualidade Física do Solo
SIG	Sistemas de Informações Geográficas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E ESTADO DA ARTE	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Conceito de Bacia Hidrográfica	15
2.2	Disponibilidade Hídrica	17
2.3	Caracterização do Solo.....	18
2.4	Gestão de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo	20
2.5	Qualidade do recurso hídrico para irrigação	22
2.6	A importância da Irrigação na Agricultura	23
2.7	Conflitos sobre o uso dos Recursos Hídricos	25
2.8	Expansão ou Restrição da Irrigação em Bacia Hidrográfica.....	26
2.9	A Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1	Definição de Parâmetros para avaliação do potencial de expansão ou restrição da irrigação ..	33
3.1.1	<i>Qualidade do recurso hídrico</i>	34
3.1.2	<i>Disponibilidade Hídrica</i>	36
3.1.3	<i>Uso e ocupação do solo</i>	37
3.1.4	<i>Obtenção de dados</i>	38
3.1.5	<i>Cálculos</i>	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1	Qualidade do recurso hídrico para irrigação	40
4.2	Disponibilidade hídrica	40
4.2.1	<i>Vazão Q7,10</i>	40
4.2.2	<i>Demanda de Recursos Hídricos Superficiais na UGRHI 18 – DAEE e ANA</i>	42
4.2.3	<i>Regionalização Hidrológica – Recursos Hídricos Estaduais - DAEE</i>	47
4.3	Uso e ocupação do solo.....	51
4.4	Balanco das Áreas das Sub-bacias da UGRHI 18.....	55
5	CONCLUSÃO	61
	REFERÊNCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO E ESTADO DA ARTE

O aumento populacional e as crescentes atividades agroindustriais podem aumentar o consumo de água e, por conseguinte, a deterioração da qualidade desse recurso natural. Isso vem ocorrendo em diversas bacias hidrográficas de interesse no cenário estadual, indicando a necessidade de estudos integrados que contemplem a compreensão do funcionamento básico dessas bacias (GROPPO, 2005).

Diante de tal situação, os estudos relacionados aos recursos hídricos têm se mostrado cada vez mais necessários para os Órgãos Gestores de Recursos Hídricos devido à frequente possibilidade de escassez de água para atender aos os múltiplos usos nas bacias hidrográficas.

De acordo com Porto e Porto (2008), o estudo da disponibilidade hídrica tem como principal finalidade oferecer subsídios para a identificação de potenciais impactantes nas demandas e no estabelecimento de diretrizes e critérios gerais orientativos para a concessão de outorgas e licenças necessárias para sua execução.

Portanto, conhecer a disponibilidade hídrica de uma bacia é de suma importância para que se possa apontar como os recursos hídricos podem ser utilizados, considerando ainda suas variações no tempo e no espaço da região em estudo. Entre os usos da água inclui a utilização para irrigação a partir de águas subterrâneas ou superficiais.

Em termos globais, as áreas irrigadas correspondem a menos de 20% da área total cultivada do planeta, mas produzem mais de 40% dos alimentos, fibras e culturas bioenergéticas (ANA, 2017). Apesar do aumento do uso de água com o crescimento da irrigação, diversos benefícios podem ser observados, tais como o aumento da produtividade, a redução de custos unitários, a atenuação de riscos climáticos/meteorológicos, bem como a otimização de insumos e equipamentos. Acrescenta-se nesta perspectiva que a irrigação também é fundamental para o aumento e a estabilidade da oferta de alimentos e consequente, aumento da segurança alimentar e nutricional da população brasileira (REBOUÇAS, 2001).

Segundo Rebouças (2001), o desenvolvimento crescente da agricultura irrigada no Brasil deve-se a alguns fatores, como a expansão da agricultura para regiões com clima desfavorável, em parte ou durante todo o ano. Considerando-se também os principais estímulos e apoios governamentais de desenvolvimento regional, levando em consideração seus benefícios que se centralizam na disponibilidade de recursos financeiros.

Para se conhecer o potencial de expansão e restrição da irrigação de uma região, são necessários estudos multitemáticos e abrangentes que possibilitarão o entendimento dos

problemas recorrentes da distribuição geográfica da área atualmente irrigada, como a disponibilidade e qualidade de água, condições climáticas e qualidade dos solos (SANTOS, HERNANDEZ; ROSSETTI, 2010).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a alimentação e a agricultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (FAO, 2013), a área irrigada no mundo era de aproximadamente 310 milhões de hectares, sendo que 70% desse total estavam localizados na Ásia, o que equivalia a 35% das terras cultivadas naquele continente. A Índia é o país com a maior área irrigada do mundo, 66 milhões de hectares, seguida pela China e pelos Estados Unidos, com 62 e 27 milhões de hectares, respectivamente. No mundo, a água da irrigação é proveniente, na sua maioria, de águas superficiais (61%), e os outros 39% são de águas subterrâneas. O potencial de expansão da agricultura irrigada em nível mundial é estimado em cerca de 200 milhões de hectares (FAO, 2011).

Segundo dados da FAO (2017), o Brasil está entre os dez países com a maior área equipada para irrigação do mundo. Os líderes mundiais são a China e a Índia, com cerca de 70 milhões de hectares (Mha) cada, seguidos dos EUA (26,7 Mha), do Paquistão (20,0 Mha) e do Irã (8,7 Mha). O Brasil aparece no grupo de países que possui área entre 4 e 7 Mha, que inclui Tailândia, México, Indonésia, Turquia, Bangladesh, Vietnã, Uzbequistão, Itália e Espanha. No entanto, diante do grande potencial estimado, a irrigação no Brasil é considerada pequena frente.

Embora abundante, a disponibilidade hídrica superficial no Brasil não é homogênea. Há regiões onde a disponibilidade é menor, porém com grande demanda, levando, em alguns casos, a conflito pelo uso de água. Assim, a ocupação do território brasileiro por agricultura irrigada deve considerar esses fatores, de modo a garantir água em quantidade e qualidade, visando o sucesso do empreendimento e minimizando o conflito com outros usuários.

A irrigação é a garantia de produção através do suprimento das necessidades hídricas e redução dos riscos de perda de safra pela seca (TESTEZLAF, 2017). Em 2012 foi aprovada no Brasil a Política Nacional de Irrigação (Lei Nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013). A política tem como objetivo incentivar a ampliação da área irrigada e aumentar a produtividade agrícola. Entre os incentivos criados está a ampliação de descontos nas tarifas de energia elétrica cobradas em atividades de irrigação. A proposta cria também o Sistema Nacional de Informações sobre Irrigação com o objetivo do uso racional de recursos hídricos (SILVA; HORA, 2015).

A bacia hidrográfica do Rio São José dos Dourados, poderá apresentar conflitos entre os usuários de água, devido à escassez no período de estiagem. Os oito meses de deficiência

hídrica no solo (abril a novembro) faz a irrigação ser fundamental para repor as necessidades hídricas e garantir a produtividade máxima das culturas (SANTOS; HERNANDEZ; ROSSETTI, 2010).

Portanto, diante da carência de informações sobre a agricultura irrigada na UGRHI 18, bem como pelo interesse da Política Nacional de Irrigação em ampliar as áreas irrigadas, há a necessidade de identificar as áreas que apresentam potencial de irrigação na bacia, delimitando os fatores restritivos ao crescimento e, se possível, elaborando propostas de redução de tais restrições.

Sendo assim é interessante delimitar dentro da bacia as áreas que são aptas à agricultura irrigada, sem restrições ambientais, além de disponibilidade de água e que podem ser incorporadas à agricultura irrigada. As áreas não aptas são as demais áreas onde um conjunto de fatores naturais e ambientais impede o desenvolvimento da agricultura irrigada nos padrões atuais e que dificilmente serão incorporadas, a não ser que, no longo prazo, um conjunto de fatores seja alterado, tais como: redução das restrições ambientais, mudança de métodos praticados e/ou sistemas de irrigação utilizados na bacia, bem como desenvolvimento de vegetais nesta região (SOUZA; BATISTA, 2007).

Essas informações devem ser levantadas para que as futuras decisões sobre alocação de água na bacia sejam tomadas com base em dados técnicos, como é a proposta deste estudo que se preocupa principalmente com a sustentabilidade dos recursos naturais da região.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceito de Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica é definida pela captação natural da água de precipitação da chuva que conseqüentemente, converge os escoamentos para um ponto de saída único, sendo que este também é nomeado como exutório (PORTO, M.; PORTO.R. ,2008).

Nesta perspectiva, ainda de acordo com Porto e Porto (2008), salienta-se que uma bacia hidrográfica consiste primordialmente em um grupo de superfícies vertentes e formadas pela superfície do solo, além de uma rede de drenagem constituída pelos cursos da água que confluem até que seja encaminhada para um ponto de saída pré-estabelecido.

Com relação à delimitação manual das bacias hidrográficas, faz-se necessário estabelecer seu ponto inicial que de modo geral localiza-se na parte mais baixa do trecho do curso d'água, ou seja, conectando os pontos mais elevados com base as curvas de nível. Em seguida, deve-se melhor definir a marcação do curso d'água e seus tributários que cruzam as curvas de nível, das mais altas para as mais baixas para definição dos fundos de vale (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Salientaram Oliveira *et al.* (2010) que o ponto de limite da bacia se dá no curso d'água, considerando suas nascentes e seus tributários e nos topos dos morros deve haver chuva para escoar sobre o terreno e ser direcionada até as regiões baixas, de forma que haja o cruzamento perpendicular às curvas de nível na mesma direção ao curso da água. Sendo assim, os divisores de água são representados pelo inverso de um talvegue, no qual as curvas de nível apresentam curvatura voltada para o sentido da inclinação do terreno, sobre a qual as águas escoam no sentido ortogonal às curvas em direção aos talvegues.

Por outro lado, quando ocorre a inclinação do terreno para direção oposta às drenagens, justifica-se que este fluxo pertence à outra bacia e não a esta que foi pré-estabelecida. Nota-se, portanto, que na bacia pode haver locais com cotas mais altas do que as cotas dos pontos que definem o divisor de águas da bacia e para fazer sua delimitação deve-se diferenciar os talvegues dos divisores de águas, sendo que este consiste em depressões ou vales representados na região em que as curvas de nível perfazem uma curvatura contrária ao sentido da inclinação do terreno, apontando a localização adequada dos maiores fluxos de escoamento (PORTO; PORTO, 2008).

Para definir a área da bacia hidrográfica, deve-se estabelecer seu potencial de geração de escoamento, para isso, é necessário pegar seu valor e realizar a multiplicação pela lamina da chuva, que conseqüentemente, será definido o volume de água que é depositado nesta bacia. Além disso, esclarece que ela se obtém por meio da projeção vertical da linha do divisor de águas conduzido sobre um plano horizontal, e ainda sobre a área, acrescenta-se que ela pode ser simbolizada através de hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km²), sendo que também poderá ser representada por planimetragem de mapas ou por cálculos de digitalização de mapas com a utilização de tecnologia e computacionais, classificadas por Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (FINKLER, 2004).

Ainda de acordo com os estudos desenvolvidos e publicados por Finkler (2004), afirma-se que ainda com relação às bacias hidrográficas, pode-se caracterizá-las em um perfil longitudinal do curso d'água medindo-se o comprimento do trecho entre a nascente mais distante e o ponto de interesse ou exutório, ou também, pode ser traçada em um perfil longitudinal que é obtido em mapas planialtimétricos e representam a variação de cotas ao longo do comprimento do rio principal.

Nesta perspectiva, acrescenta-se que quanto aos conceitos, é importante definir a declividade que se relaciona à modelagem do escoamento, uma vez que a velocidade de fluxo depende desta variável que se constitui em métodos específicos. Em geral consiste na razão entre a diferença das altitudes dos pontos extremos de um curso d'água e o comprimento desse curso d'água, pode ser expressa em % ou m/m. A diferença entre a elevação máxima e a elevação mínima resulta na amplitude altimétrica da bacia. Esta é a maneira mais simples de se calcular a declividade, entretanto, para rios que percorrem relevos muito diferenciados é necessário fazer algumas correções. Quanto à declividade do rio principal "S10/85", afirma-se que é um método que se compõem em altitudes a 10 e 85% do comprimento do rio até o ponto desejado, neste caso a estação fluviométrica (PORTO; PORTO, 2008).

Já as definições de subdivisões da bacia hidrográfica (sub-bacia e microbacia), apresentam abordagens diferentes tocando fatores que vão do físico ao ecológico.

Referente as unidades de medidas das áreas destas sub-bacias, para Faustino (1996), as sub-bacias possuem áreas maiores que 100 km² e menores que 700 km², já para Martins (2005), são áreas entre 20.000 ha e 30.000 ha (200 km² a 300 km²). Também há a ideia de que as bacias, dependendo do seu exutório, podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias (SANTANA, 2003).

Se referindo a definição de microbacias, para Santana (2003), constitui uma substituição do termo sub-bacia, no entanto, para Faustino (1996), a microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km². Cecílio e Reis (2006), definem a microbacia como uma sub-bacia hidrográfica de área reduzida, não havendo consenso de qual seria a área máxima (máximo varia entre 10 a 20.000 ha ou 0,1 km² a 200 km²).

2.2 Disponibilidade Hídrica

Para a gestão adequada dos recursos hídricos, objetivando propiciar o uso racional das águas disponíveis, reduzir conflitos pelo uso múltiplo e subsidiar o planejamento de políticas públicas, se torna necessário conhecer as disponibilidades hídricas da bacia hidrográfica.

A disponibilidade hídrica é avaliada a partir das descargas líquidas médias observadas nos cursos de água da bacia hidrográfica, sendo que cada região é formada por um ou mais agrupamento de bacias ou Sub-bacias com características ambientais, sociais e econômicas similares.

A $Q_{7,10}$ é uma vazão mínima de referência e seu valor de vazão é obtido por meio da análise estatística da série histórica de medidas de vazão, considerando a média de sete dias consecutivos e tempo de recorrência, bem como probabilidade, em anos, para que um evento ocorra novamente de dez anos. Consiste em um importante parâmetro hidrológico com grande aplicação nos estudos de planejamento e gestão do uso dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica.

As vazões mínimas para os períodos críticos de oferta d'água são importantes para o abastecimento de água urbano, pequenas centrais hidroelétricas, estudos de avaliação da qualidade das águas e apoio à instrução de processos de outorga.

A antiga Resolução CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986 artigo 13 mencionava o conceito de $Q_{7,10}$, prevendo a manutenção dos limites mínimos de OD (oxigênio dissolvido) nas condições críticas de vazão, mas a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005

menciona um novo conceito, ou seja, a vazão de referência do corpo hídrico que é utilizada como base para o processo de gestão.

A vazão de referência constitui a base da gestão e a legislação estabelece, ainda, percentuais máximos de uso sobre essa “vazão de referência” em um determinado corpo hídrico ou trecho dele. São as chamadas “vazões de restrição” ou ainda as “vazões ambientais” ou “ecológicas”, ou seja, estabelecem “vazões mínimas remanescentes”, o que significa as vazões mínimas que devem permanecer no corpo hídrico, atendidos os usos múltiplos e as exigências da biota.

Segundo Cunha (2007), a vazão ecológica é a “demanda necessária de água a manter num rio de forma a assegurar a manutenção e a conservação dos ecossistemas aquáticos naturais...”. Dessa forma, mantem-se com essas vazões, a gestão da qualidade e da quantidade dos corpos hídricos.

A análise quanto à disponibilidade hídrica de uma determinada bacia é avaliada em função da adoção de vazões de referência mínimas ocorridas naturalmente nos cursos de água ou em decorrência de intervenções hidráulicas como barragens (ANA, 2011).

As vazões de referência utilizadas, segundo Cardoso da Silva e Monteiro (2004), são as vazões mínimas, de forma a caracterizar uma condição de alta garantia de água no manancial. A partir dessa condição, são realizados os cálculos de alocação da água, de modo que, quando essas vazões mínimas ocorram, os usuários ou os usos prioritários mantenham, de certa forma, suas retiradas de água.

As vazões mínimas aplicadas como referência são vazões de elevada permanência no tempo, calculadas de forma estatística. As mais utilizadas são as vazões Q_{90} , Q_{95} ou $Q_{7,10}$.

A escolha da vazão de referência a ser aplicada depende da garantia de atendimento que se deseja considerar para os usos a serem instalados em determinada bacia. Se os usos exigem maior garantia, deve-se optar por vazões mais conservadoras, como a Q_{95} e a $Q_{7,10}$. Após a definição das vazões de referência, deve ser determinado o percentual máximo a ser alocado para a divisão entre os diversos usos da bacia. A determinação desse percentual deve ser realizada em função da possibilidade de atendimento aos diversos usos na bacia e das vazões mínimas remanescentes que se deseja manter nos cursos d'água.

2.3 Caracterização do Solo

O solo é um bem valioso de cada país, pois, oferece sustento à vida vegetal e animal. No entanto, o ser humano vem destruindo e retirando sua vegetação natural devido ao

processo de civilização, expansão demográfica e aumento de construções, urbanização e industrialização. Conseqüentemente, o prejuízo causado no solo se reflete nos aspectos hidrológicos, tais como no escoamento superficial, na recarga dos aquíferos, principalmente na qualidade da água e na transportação de sedimentos (PAIVA NETO *et al.*, 1951; SOUZA; BATISTA, 2007).

O solo é o suporte dos ecossistemas e das atividades humanas sobre a terra, seu estudo é imprescindível para o planejamento. Quando se analisa o solo, pode-se deduzir a potencialidade e fragilidade como elemento natural (FINKLER, 2004, p.32).

A importância da realização de estudos de impacto ambiental e sustentabilidade em agricultura irrigada estão voltados ao entendimento pela sociedade internacional, a partir da década de 80, de que o desenvolvimento econômico deverá estar vinculado à conservação ambiental (SILVA *et al.*; 2004, p. 01).

Nesta perspectiva, entre outros objetivos, para manter a qualidade natural do solo, foram criadas área de preservação permanente (APP) que conforme definição da Lei n. 12.651/2012, Área de Preservação Permanente é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Vale salientar que o solo é caracterizado pela sua qualidade, e por isso, conceito de qualidade física do solo envolve o conhecimento de propriedades e processos relacionados principalmente à habilidade do solo em manter significativamente os serviços ambientais ou ecossistêmicos que são considerados fatores muito importante para a saúde do ecossistema (STEFANOSKI, 2013).

Estas áreas, em geral são cobertas por vegetação nativa, tendo a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (NOWATZKI; SANTOS; PAULA, 2010, p. 108).

Para Stefanoski (2013), com relação à estrutura do solo, afirma-se que esta pode ser avaliada pela sua densidade, macro e microporosidade, estabilidade de agregados, resistência à penetração e infiltração da água. Já em outra concepção, a estrutura é avaliada pelos atributos que lhe dão forma, isto é, densidade do solo; geometria, tamanho e continuidade de poros; infiltração; retenção de água e aeração.

Também se verifica que há arranjo de suas partículas que compõem uma região dinâmica, e conseqüentemente, o solo que é mantido em estado natural, sob vegetação nativa, apresenta condições físicas como estrutura, permeabilidade, densidade e porosidade do solo adequadas ao desenvolvimento normal das plantas. Na medida em que se intensifica o uso agrícola os atributos físico-hídricos do solo sofrem alterações, geralmente adversas ao crescimento vegetal, que ficam mais nítidas quando os sistemas de uso são comparados com o estado do solo ainda sob vegetação natural (STEFANOSKI *et al.*, 2013).

Nos mesmos estudos de Paiva Neto *et al.* (1951); Demattê, Toledo e Simões (2004), verificou-se que quanto aos tipos de solos devem-se considerar suas características rocha-máter, bem como fatores relacionados à idade, natureza do transporte geologicamente recente, intensidade e duração da exploração agrícola sofrida, situação topográfica, altitude, condições meteorológicas. Além de outras influências que podem alterar a característica predominante no perfil de solo.

2.4 Gestão de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH) é a maior autoridade no Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos de São Paulo. É um órgão deliberativo, com participação dos grupos interessados do estado, dos municípios e da sociedade civil. É responsável pela supervisão e regulamentação do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos do Estado. A Secretaria Executiva do CRH é a Comissão Coordenadora do Plano Estadual de Recursos Hídricos (CORHI). O CRH depende do conhecimento técnico especializado e do apoio administrativo do CORHI, que também coordena a revisão do plano estadual de recursos hídricos a cada quatro anos.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) do Estado de São Paulo é responsável pela emissão de licenças ambientais e pelo monitoramento e fiscalização das leis antipoluição no Estado. Criada na década de 1970, foi um dos primeiros órgãos de proteção ambiental no país, e é amplamente respeitada no Brasil e no exterior por sua competência técnica. Contudo, suas regulamentações de comando e controle da poluição têm-se limitado principalmente às maiores indústrias e aos piores poluidores do estado e, como resultado, outros atores, como as empresas de água e saneamento, têm sido sujeitos a uma regulamentação e fiscalização bem menos rigorosas.

O Órgão responsável pela gestão e pelas outorgas de recursos hídricos no Estado de São Paulo é o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) cuja finalidade é o

atendimento gratuito aos municípios, usuários e cidadãos, executando a Política de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, bem como integrando o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos, nos termos da Lei 7.663/91, adotando as bacias hidrográficas como unidade físico - territorial de planejamento e gerenciamento (DAEE, 2017).

O DAEE conta também com 8 (oito) Diretorias Regionais, descentralizadas, chamadas Diretorias de Bacias do DAEE, que têm em seu organograma funcional unidades técnicas que desenvolvem várias atividades relativas aos recursos hídricos que envolvem o Centro de Gerenciamento de Recursos Hídricos com direcionamento na Outorga, fiscalização; planejamento; cadastramento; atuação, participação e suporte técnico-administrativo aos Comitês de Bacias Hidrográficas e suas Câmaras Técnicas; atendimento aos usuários de recursos hídricos. Existe ainda o Centro Técnico que oferece Assessoria técnica; elaboração de estudos e projetos; acompanhamento e fiscalização de obras; análise e acompanhamento dos projetos do FEHIDRO; coordenação de convênios com prefeituras. E por fim, há Unidades de Serviços e Obras para que seja realizada a coordenação dos serviços de máquinas do DAEE, no campo dos recursos hídricos (DAEE, 2017).

Os Comitês de Bacia Hidrográfica são organismos colegiados que fazem parte do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e existem no Brasil desde 1988. A composição diversificada e democrática dos Comitês contribui para que todos os setores da sociedade com interesse sobre a água na bacia tenham representação e poder de decisão sobre sua gestão. Os membros que compõem o colegiado são escolhidos entre seus pares, sejam eles dos diversos setores usuários de água, das organizações da sociedade civil ou dos poderes públicos. Suas principais competências são: aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia; arbitrar conflitos pelo uso da água, em primeira instância administrativa; estabelecer mecanismos e sugerir os valores da cobrança pelo uso da água; entre outros.

Para a proteção dos recursos naturais, é de extrema importância realizar diagnósticos, planejamento, gerenciamento e programação de uma política que englobe a utilização dos recursos naturais, minimizando seus impactos e possibilitando então, a sustentabilidade do desenvolvimento socioeconômico (SOUZA; BATISTA, 2007).

Segundo Hernandez e Franco (2013), Souza e Batista (2007), o uso do geoprocessamento, pode consistir em uma técnica de subdivisão de bacia, considerado muito eficiente para a geração de informações hidrológicas e uma importante ferramenta para a tomada de decisões referente à gestão dos recursos hídricos, pois, facilita o referenciamento de bases de dados para a sistematização com o completo compartilhamento dessas informações.

2.5 Qualidade do recurso hídrico para irrigação

Assim como os Planos de Recursos Hídricos o Enquadramento dos Corpos de Água é um instrumento previsto na Política Nacional, Lei Nº 9.433/97.












O CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, diante da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, alterada parcialmente pela Resolução 410 /2009 e 430/2011, estabeleceu critérios sobre a classificação dos corpos de água superficiais e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como as condições e padrões de lançamento de efluentes. A classificação reúne uma série de definições com base na aptidão natural dos cursos d'água, observando a sua qualidade, capacidade, entre outras características específicas.

A Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece como um de seus fundamentos que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. Portanto, os usos da água são condicionados pela sua qualidade. As águas com maior qualidade permitem a existência de usos mais exigentes, enquanto águas com pior qualidade permitem apenas os usos menos exigentes.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece as classes de qualidade para as águas doces, salobras e salinas. As águas de classe especial devem ter sua condição natural, não sendo aceito o lançamento de efluentes, mesmo que tratados. Para as demais classes, são admitidos níveis crescentes de poluição, sendo a classe 1 com os menores níveis e as classes 4 (águas-doces) e 3 (águas salobras e salinas) as com maiores níveis de poluição.

Na Figura 1 é apresentada a relação entre as classes de enquadramento e os usos respectivos a que se destinam as águas-doces, salobras e salinas:

Figura 1 - Classes de enquadramento das águas-doces e usos respectivos

USOS DAS ÁGUAS DOÇES	CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
	ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas 		Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário 					
Aquicultura 					
Abastecimento para consumo humano 	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário 					
Pesca 					
Irrigação 		Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam ramos ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cercalíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais 					
Navegação 					
Harmonia paisagística 					

Fonte: ANA, 2018.

2.6 A importância da Irrigação na Agricultura

A Irrigação é uma prática direcionada ao complemento da disponibilidade de água que é provida de fontes naturais, assim como a chuva, que oferece umidade ao solo, mas que muitas vezes não é suficiente para suprir as necessidades hídricas necessária para o cultivo do setor agrícola e por este motivo, a irrigação é capaz de otimizar a produtividade e contribuir para a expansão de plantios, assim como culturas com plantações de milho, café, feijão, soja, entre outras menos comuns na região (ANA, 2017).

A agricultura irrigada é o uso que mais consome água no Brasil e no mundo. Em nosso país, a prática obteve forte expansão com o apoio de políticas públicas, a partir das décadas de 1970 e 1980. Atualmente, o Brasil está entre os países com maior área irrigada do planeta, embora ainda utilize apenas uma pequena parte do seu potencial para a atividade (ANA, 2018).

Dentre os benefícios da irrigação, destaca-se o aumento da produtividade da ordem de duas a três vezes em relação à agricultura de sequeiro; redução do custo unitário de produção; utilização do solo durante todo o ano com até três safras; aumento na oferta e na regularidade de alimentos e outros produtos agrícolas; atenuação do fator sazonalidade climática e dos riscos de produção associados; maior qualidade e padronização dos produtos agrícolas;

abertura de novos mercados, inclusive no exterior; produção de sementes e de culturas nobres; elevação da renda do produtor rural; regularidade na oferta de empregos; modernização dos sistemas de produção, estimulando a introdução de tecnologias; e viabilidade para criação de polos agroindustriais.

Ainda com base no Atlas Irrigação (ANA, 2017), a irrigação também pode ser considerada como o “maior uso da água no Brasil, responsável por 46% das retiradas nos corpos hídricos e por 67% do consumo”. Para a Agência Nacional de Águas, a irrigação é responsável por 72% do uso da água no País. E dentro destes indicadores, verificou-se que existe uma preocupação para que o setor agrícola ocupe novas áreas que será um benefício importante para a expansão da produtividade.

Registrou-se que no ano 2000 houve uma importante expansão da irrigação por pivôs centrais no Brasil, envolvendo os Estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Bahia, com custos competitivos, pelo menor dispêndio de mão de obra e pela possibilidade de se obter alta eficiência de aplicação e distribuição de água (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000). O relatório destaca que a ANA, responsável pela outorga de direito de uso de recursos hídricos em corpos d’água de domínio da União (tais como rios, que percorrem mais de uma unidade da federação), possuía, em 2014, cerca de 4.350 outorgas válidas para irrigação, totalizando 620 mil hectares.

Dentre as principais culturas em outorgas válidas da ANA, em pivôs centrais, destacam-se milho (24,0% da área total), cana-de-açúcar (21,3%), feijão (20,5%), soja (14,7%), café (6,2%) e algodão (3,1%) (ANA, 2017).

A irrigação tem sido objeto de estudos próprios da ANA ou em parceria com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) e a Embrapa. Nesta visão, salienta-se que a proposta do Atlas Irrigação se centraliza em sistematizar, uniformizar e ampliar esses esforços recentes, apresentando uma retrospectiva, um panorama atual e uma visão de futuro sobre a agricultura irrigada brasileira, com foco central no levantamento de áreas irrigadas, no potencial de expansão e no uso da água (SAMPAIO; SAMPAIO; BARROS, 2012).

O Brasil está entre os 10 países com maior área equipada para irrigação do mundo. Atualmente, 6,95 milhões de hectares estão equipados para irrigação, sendo assim, o crescimento tem sido forte e persistente nas últimas décadas, intensificando-se ainda mais nos últimos anos. Considera-se ainda que a agricultura irrigada seja bastante dinâmica e diversificada, porém, a irrigação é pequena frente ao potencial estimado no País. Por isso, muitos avanços são necessários para melhor caracterização e monitoramento da atividade, dentre eles, destaca-se ações que estimulem a melhoria da qualidade da água, com

conservação de nascentes e áreas de preservação permanente, bem como o gerenciamento de recursos hídricos que possibilitarão a sustentabilidade e expansão da agricultura irrigada no país.

2.7 Conflitos sobre o uso dos Recursos Hídricos

Estudos apontaram que atualmente o Brasil tem potencialidade para até 30 milhões de hectares de área de uso de recursos hídricos para a agricultura irrigada, mas, o quadro atual é que a área com essa tecnologia é estimada em aproximadamente cinco milhões de hectares. Nesta visão, existem publicações que mostram o interesse do Governo Brasileiro em investir na expansão de irrigações em bacias hidrográficas para beneficiar a agricultura, porém, existe um grande desafio e ainda diversos conflitos relacionados ao assunto (ANA, 2017).

A falta de água para o setor agrícola oferece fatores negativos e conseqüentemente, impõem limites para o desenvolvimento do país. No cenário atual, verifica-se que países podem entrar em sérios conflitos devido aos recursos hídricos que tem se tornado cada vez mais escassos e estratégicos, seja por questão de segurança nacional ou por valores sociais ou ainda por aspectos ecológicos e econômicos (SAMPAIO; SAMPAIO; BARROS, 2012).

De modo geral, diversos países já sofrem com a escassez de recursos hídricos. Dentre estes, destaca-se Kuwait, Israel, Jordânia, Arábia Saudita, Líbia, Iraque, Bélgica, Argélia, Cabo Verde, Etiópia, Iraque, Hungria, México, Estados Unidos, França, Espanha, dentre outros não citados. Contudo, descreve-se que nas regiões brasileiras, essa escassez ou essa falta de abastecimento hídrico até mesmo para o próprio consumo centraliza-se principalmente no Nordeste (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

Ainda com base nos estudos desenvolvidos por Paz, Teodoro e Mendonça (2000), justifica-se que as diferenças socioeconômicas das regiões brasileiras causam grandes impactos na disponibilidade de recursos hídricos, bem como distribuição das áreas irrigadas que de fato ocorre de maneira desigual, e por este motivo, as estratégias de irrigação deveriam seguir um mesmo nível tecnológico que esteja compatível e acessível economicamente ao perfil do produtor, sendo que este, na maioria das vezes também tem dificuldade com os recursos hídricos devido à pouca habilidade, experiência e nível educacional.

Diante do que foi exposto sobre os conflitos do uso de recursos hídricos no Brasil e em outros países, segundo Galvão e Bermann (2015) verificou-se que se pode haver solução se forem direcionados investimentos às práticas de irrigação que priorizem o uso mais eficiente da água, com base no uso consuntivo das culturas com programação da irrigação e que

também possam evitar a salinização, bem como a erosão dos solos e outros prejuízos ambientais envolvendo os recursos naturais.

2.8 Expansão ou Restrição da Irrigação em Bacia Hidrográfica

Para Paz, Teodoro e Mendonça (2000), a expansão da irrigação é definida pela área representada em hectares que pode ser ampliada para a agricultura irrigada em um país, mas que encontra grande desafio pela demora na emissão de outorgas de recursos hídricos, ou seja, são autorizações legais para o uso da água na agricultura.

Sendo assim, essa expansão deve ser definida a partir de análises caracterizadas como potencialidades de uso da irrigação, na qual são norteadas por mapeamentos da região e recursos hídricos disponíveis nesta (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

Acrescenta-se que a restrição da irrigação em bacia hidrográfica pode ser caracterizada pela minimização do uso de água para a agricultura que geralmente, ocorre devido a crises hídricas, bem como prejuízos no potencial de irrigação, pouca disponibilidade de água, também pode relacionar-se à baixa qualidade de água ou até mesmo conflitos sobre o uso da água que coloca em risco o abastecimento humano (Lei 9433/97 – usos da água em situação de escassez). Por isso, quando há necessidade, o governo do estado pode anunciar a restrição ao uso de água na agricultura (BARROSO *et al.*, 2011).

Para que se possa identificar o potencial de expansão e restrição de irrigações deve-se levar em consideração os impactos ambientais (IA) e seus aspectos relacionados à degradação ecológica dos recursos naturais, especialmente os relacionados à degradação dos solos, que ocorrem nos projetos de desenvolvimento agrário (PDA), sob agricultura irrigada intensiva, derivadas do uso inadequado de tecnologias e das Boas Práticas Agrícolas (BPAS), recomendadas pela pesquisa agropecuária (SILVA *et al.*, 2004).

Projetos de pesquisa e desenvolvimento estão sendo propostos em âmbito regional e tratam do controle dos efluentes agroindustriais, economia e racionalização do uso da água de irrigação, visando um planejamento hidrológico que satisfaça demandas da água para consumo humano e animal, equilíbrio e harmonização do desenvolvimento municipal, regional e setorial. Com isto se espera incrementar a disponibilidade do recurso, protegendo sua qualidade, economizando seu emprego e racionalizando seu uso em harmonia com o meio ambiente (SILVA *et al.*, 2004, p. 13).

Ainda com base nos estudos desenvolvidos por Silva *et al.* (2004) deve-se descrever que alguns aspectos que influenciam no manejo racional da água de irrigação constituíram na

quantificação das necessidades hídricas dos cultivos, pois, acredita-se que o conhecimento do consumo real de água pelos cultivos aumenta de acordo com a extensão da superfície que necessita ser irrigada.

Portanto, de acordo com a ANA (2017), é importante realizar a análise do potencial da agricultura irrigada, que é capaz de reunir diversas justificativas e conseqüentemente, apontar de forma segura e objetiva as áreas que são consideradas aptas de expansão no aspecto de irrigação, sendo que também são capazes de apresentar as perspectivas, bem como direcionar as irrigações aos setores particulares como para aqueles que envolvem as políticas públicas do país.

Outra característica importante é o relevo de uma bacia hidrográfica que tem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, pois a velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno, enquanto que a temperatura, a precipitação e a evaporação são funções da altitude da bacia.

Quanto maior a declividade de um terreno, maior a velocidade de escoamento, menor o Tempo de concentração e maior as perspectivas de picos de enchentes. A magnitude dos picos de enchente e a infiltração da água trazem como consequência, maior ou menor grau de erosão, dependendo da declividade média da bacia, associada à cobertura vegetal, tipo de solo e tipo de uso da terra (GALVÍNCIO *et al.*, 2008).

Por meio de mapas temáticos pode-se gerar a representação cartográfica da declividade e do relevo, que são expressas em classes através de um agrupamento de intervalos que podem variar de acordo com o objetivo que o trabalho se propõe ou adaptação às condições físicas da área estudada (SILVEIRA *et al.*, 2006).

2.9 A Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados

A Região do São José dos Dourados pertence à Região Hidrográfica do Rio Paraná, denominada Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 18, sendo compreendida pela Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados (SÃO PAULO, 1991).

A bacia está localizada no Noroeste do Estado de São Paulo, onde a oeste faz limite com o Estado do Mato Grosso do Sul, separando-se do mesmo por meio do Rio Paraná, represado pela barragem de Ilha Solteira, e tem como limítrofes a norte com a UGRHI 15 (Turvo/Grande), a nordeste com a UGRHI 16 (Tietê/Batalha), a sudeste com a UGRHI 19 (Baixo Tietê) (Figura 2)(IPT, 2008; SSRH/CRHi, 2017).

Figura 2 - Localização da UGRHI 18 formada pela Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados dentro do Estado de São Paulo



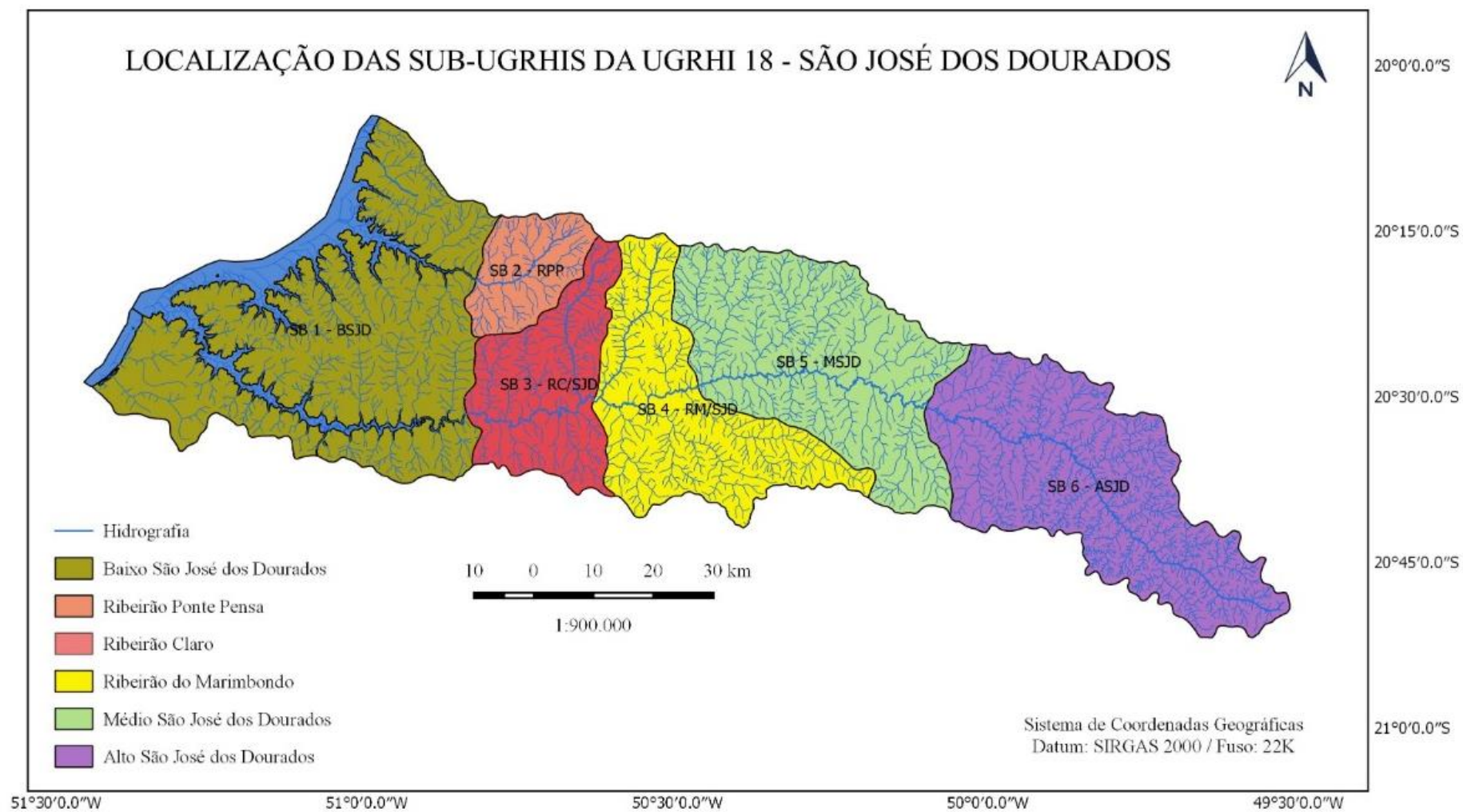
Fonte: IPT (2008).

A UGRHI 18 está dividida em seis Sub-bacias, as quais foram ordenadas de oeste para leste e de norte a sul. A subdivisão da Bacia do Rio São José dos Dourados foi realizada em três porções: Alto, Médio, e Baixo São José dos Dourados, esta última, compreende a área onde a maior parte do rio comporta-se praticamente como reservatório .

A Política estadual de recursos hídricos - Lei nº 7.663/1991 - estabeleceu a adoção da bacia hidrográfica como a unidade para a gestão no estado de São Paulo. Por sua vez, a Lei nº 9.034/1994 (Revogada e substituída pela Lei nº 16.337/2016, mantendo, entretanto, a divisão original das UGRHIs) dividiu o território nacional em 22 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), sendo levados em consideração para sua definição critérios hidrológicos, ambientais, socioeconômicos e administrativos. Desta forma se explica o porquê da Sub-bacia 2 e parte da Sub-bacia 1 não verterem para o rio São José dos Dourados e mesmo assim fazerem parte da UGRHI 18, e administrativamente fazem parte da BTG - Diretoria de Bacia do Turvo / Grande – São José do Rio Preto.

A Figura 3 apresenta a divisão da UGRHI 18 em Sub-bacias e a Tabela 1 apresenta as Sub-bacias com suas respectivas áreas e a porcentagem em relação a área total da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados.

Figura 3 – Divisão da UGRHI 18 em Sub-bacias



Fonte: IPT (2008)

Tabela 1 - Área das Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados-SP

Sub-bacias	Siglas	Área (Km²)	% em ralação à UGRHI
Baixo São José dos Dourados	SB1-BSJD	2.243,48	32,97
Ribeirão Ponte Pensa	SB2-RPP	305,62	4,49
Ribeirão Coqueiro/São José do Dourados	SB3-RC/SJD	639,51	9,4
Ribeirão Marimbondo/São José do Dourados	SB4-RM/SJD	936,98	13,77
Médio São José dos Dourados	SB5-MSJD	1.285,23	18,89
Alto São José dos Dourados	SB6-ASJD	1.394,39	20,49
Total da UGRHI 18		6.805,20	100

Fonte: Adaptado de IPT (2008).

A Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados é composta por 25 municípios com sede em sua área: Aparecida d'Oeste, Auriflama, Dirce Reis, Floreal, General Salgado, Guzolândia, Ilha Solteira, Jales, Marinópolis, Monte Aprazível, Neves Paulista, Nhandeara, Nova Canaã Paulista, Palmeira d'Oeste, Pontalinda, Rubinéia, Santa Fé do Sul, Santa Salete, Santana da Ponte Pensa, São Francisco, São João das Duas Pontes, São João de Iracema, Sebastianópolis do Sul, Suzanápolis e Três Fronteiras (Figura 4), drena uma área de 6.805,20 km² (IRRIGART, 2015).

A SB1 – BSJD (Baixo São José dos Dourados) é composta pelos municípios de Aparecida d'Oeste, Ilha Solteira, Itapura, Marinópolis, Nova Canaã Paulista, Palmeira d'Oeste, Pereira Barreto, Rubinéia, Santa Clara d'Oeste, Santa Fé do Sul, Santana da Ponte Pensa, Sud Mennucci, Suzanápolis e Três Fronteiras.

A SB2-RPP (Ribeirão Ponte Pensa) é composta pelos municípios de Jales, Palmeira D'Oeste, Santa Salete, Santana da Ponte Pensa, São Francisco, Três Fronteiras e Urânia.

A SB3- RC/SJD (Ribeirão Coqueiro/ São José dos Dourados) é composta pelos municípios de Auriflama, Dirce Reis, Guzolândia, Jales, Marinópolis, Palmeira d'Oeste, São Francisco e Sud Mennucci.

A SB4- RM/SJD (Ribeirão Marimbondo/ São José dos Dourados) é composta pelos municípios de Auriflama, Dirce Reis, Floreal, General Salgado, Jales, Magda, Pontalinda, São João de Iracema e Urânia.

A SB5- MSJD (Médio São José dos Dourados) é composta pelos municípios de Estrela d'Oeste, Fernandópolis, Floreal, General Salgado, Jales, Magda, Meridiano, Nhandeara, Pontalinda, São João das Duas Pontes, São João de Iracema e Valentim Gentil.

A SB6- ASJD (Alto São José dos Dourados) é composta pelos municípios de Bálamo, Cosmorama, Mirassol, Monte Aprazível, Neves Paulista, Nhandeara, Poloni, Sebastianópolis do Sul, Tanabi e Votuporanga.

A Bacia do Rio São José dos Dourados possui uma população de 227.016 habitantes (SEADE, 2017) distribuídos em municípios com pequenos núcleos populacionais e baixa densidade demográfica. Essa Região Hidrográfica é a que apresenta a menor população do Estado de São Paulo (SSRH/CRHi, 2017; IRRIGART, 2015).

Figura 4 - Limites e municípios que constituem a Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados-SP



Fonte: IPT (2008).

A Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados é considerada de vocação agropecuária, já que esta é a principal atividade desenvolvida na bacia, tendo grande importância em sua economia, a intensidade dessas atividades gera uma demanda ampla de água e também interfere na qualidade das águas (IRRIGART, 2015).

A UGRHI 18 possui solos classificados como argissolos vermelhos, argissolos vermelhos-amarelos e latossolos vermelhos, e o relevo são denominados de planaltos, terrenos mais antigos relativamente planos, com cume mais nivelado geralmente devido à erosão eólica ou pelas águas, e situados em altitudes mais elevadas (IBGE, 2017).

Segundo a classificação climática de Koppen, o clima da região é tropical chuvoso, tipo Aw, com inverno seco e ameno e com o verão quente e chuvoso (ROLIM *et al.*, 2007; IBGE, 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Definição de Parâmetros para avaliação do potencial de expansão ou restrição da irrigação

A análise do potencial de expansão ou restrição da agricultura irrigada se deu através do estudo de variáveis, na tentativa de apontar áreas aptas para expansão. As variáveis tendem a focar em aspectos físico-ambientais, no entanto, carecem da análise de modelos econômicos, assim como de pesquisas em campo, entretanto, fornecem perspectivas e direcionamento tanto para o setor privado quanto para as políticas públicas.

A Área Irrigável na Bacia Hidrográfica são as áreas que, excluídas as restrições ambientais (áreas de proteção permanente, reservas legais etc.), disponham em conjunto, de características naturais apropriadas (solos, relevo, clima) e de fontes de água acessíveis.

As limitações impostas pela precariedade ou ineficiência de infraestrutura de apoio à produção e comercialização (energia elétrica, modais de transportes, obras hidráulicas etc.), podem ser superadas com investimentos públicos e/ou privados e não serão consideradas nesta análise.

Foram dimensionadas dentro da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados:

- **Áreas potenciais para irrigação** são aquelas naturalmente aptas à agricultura irrigada, sem restrições ambientais, além de disponibilidade de água. Tais áreas poderão ser rapidamente incorporadas à agricultura irrigada;
- **Áreas não aptas para irrigação** são as demais áreas onde um conjunto de fatores naturais e ambientais, impede o desenvolvimento da agricultura irrigada nos padrões atuais. Estas áreas dificilmente serão incorporadas, a não ser que, no longo prazo, um conjunto de fatores seja alterado, tais como: redução das restrições ambientais, mudança de métodos praticados e/ou sistemas de irrigação utilizados na bacia, desenvolvimento de plantas mais resistentes ao estresse hídrico, etc.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o software QGIS, padronizando todos os arquivos na mesma base de dados e no mesmo sistema de referência (SIRGAS 2000). A escolha por este software foi devido ser livre de código aberto (FOSS), não gerando custos e conseguindo suprir as necessidades deste trabalho. Além disso, o Microsoft Excel foi utilizado como software auxiliar para colaborar no processamento dos dados.

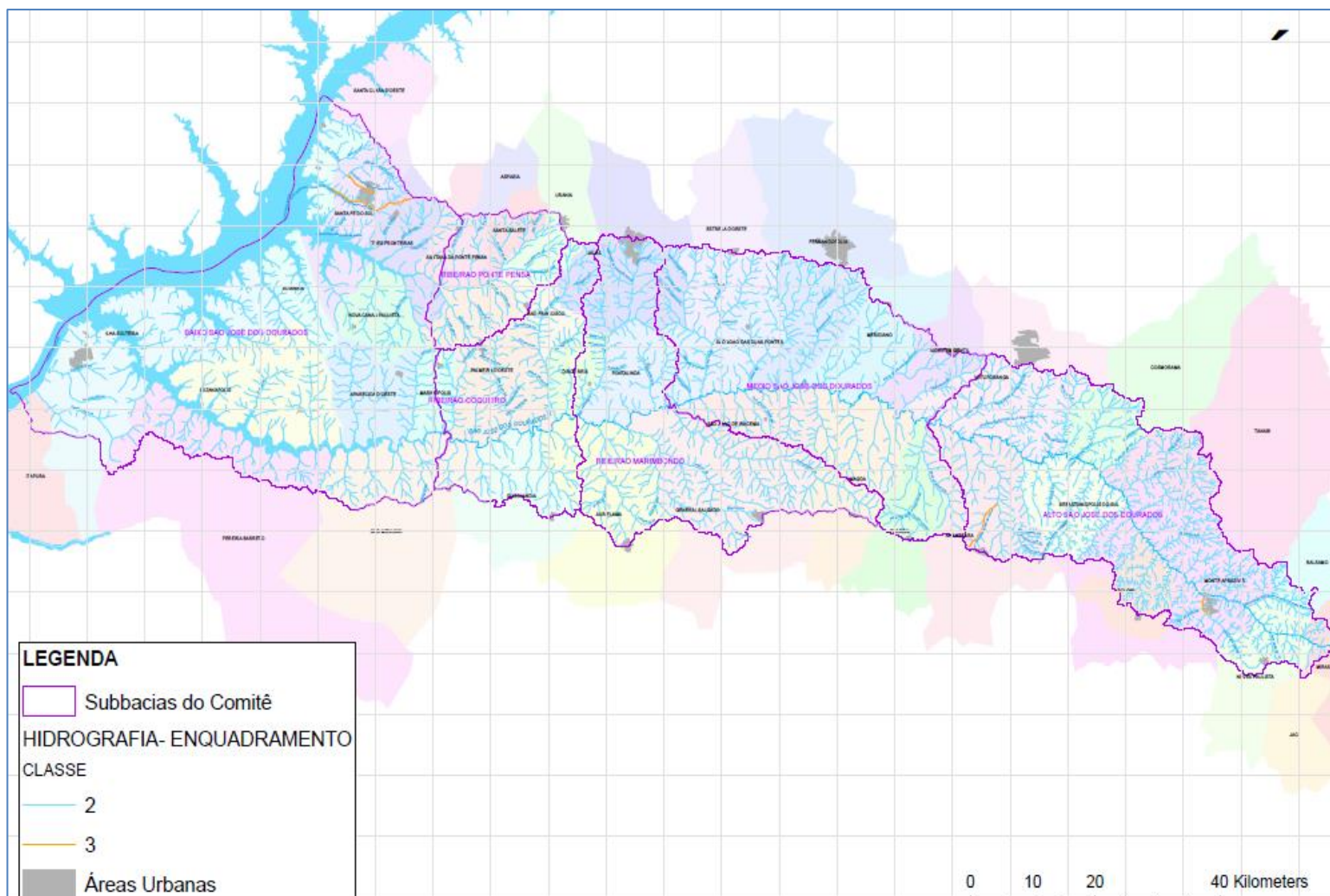
Espacialmente, definiu-se as Sub-bacias (de acordo com dados disponibilizados pelo CRH), como unidade de planejamento. Dessa forma, a cada etapa do trabalho, ao se aplicar um dos critérios de exclusão de áreas, se analisou cada uma das 6 Sub-bacias identificadas.

3.1.1 – Qualidade do recurso hídrico

O Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977, dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. Encontra-se enquadrados neste decreto somente os corpos de água receptores do território do Estado de São Paulo, bem como as respectivas bacias ou Sub-bacias que compreendem seus formadores e/ou afluentes. Segundo esse decreto os Corpos de Água Pertencentes à Classe 2 são todos os corpos d'água, exceto os alhures classificados.

A Figura 5 apresenta o Mapa da Hidrografia da UGRHI 18 conforme Decreto 10.755/77.

Figura 5 – Mapa da hidrografia da UGRHI 18, conforme Decreto 10.755/77



Fonte: CETESB 2015

Portanto, conforme a Resolução CONAMA 357/2005, as Classes 1, 2 e 3 estão aptas para a irrigação e, estas classes são as consideradas para irrigação neste trabalho.

3.1.2 – Disponibilidade Hídrica

3.1.2.1 Vazão Q_{7,10}

A Q_{7,10} é a Vazão de referência adotada no estado de São Paulo. Ela é a menor vazão consecutiva de sete dias que ocorreria com um período de retorno de 10 anos. O cálculo da Q_{7,10} é probabilístico, enquanto os da Q₉₀ e da Q₉₅ decorrem de uma análise de frequências.

O Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE) realiza os estudos para estimar a disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas paulistas, por meio de série histórica de vazões. O cálculo do Q_{7,10} é dado pela fórmula:

$$[Q_{7,10} = C_{7,m}^x \cdot X_{10}^x \cdot (A + B)^x \cdot Q_{\text{média}}]$$

Onde Q_{7,10} é a vazão mínima de 7 dias consecutivos, com período de retorno de 10 anos; C_{7,m} é a razão entre a média das mínimas anuais de sete dias consecutivos (Q_{7,10}) e a média das mínimas anuais de um mês (Q_m) [parâmetro adimensional]; X₁₀ é a variável aleatória X para um período de retorno de 10 anos [adimensional]; A e B são parâmetros regionais; e Q_{média} é a descarga média plurianual, em L/s.

O cálculo da Q_{7,10} foi determinado no site do Sistema de Informação para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (São Paulo, 2017), em Regionalização Hidrológica, onde é possível o cálculo da Q_{7,10}, adicionando os valores de área e localização geográfica dos pontos identificados.

3.1.2.2 Demanda de recursos hídricos

As captações superficiais outorgadas da UGRHI 18 foram representadas, por meio dos dados de Outorgas do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e Agência Nacional das Águas (ANA), na forma de mapa utilizando o software QGIS.

3.1.2.3 Regionalização Hidrológica

A regionalização hidrológica foi representada por meio da diferença entre a vazão outorgável do DAEE (50% da Q_{7,10}) e a vazão já outorgada.

3.1.3 Uso e ocupação do solo

O mapeamento do uso e ocupação do solo tem grande importância para estudos que envolvem o planejamento de qualquer natureza, especificamente, o planejamento ambiental. É necessário para conhecer a área e as atividades que ali são desenvolvidas e para dimensionar as propostas e intervenções. Nesse sentido foram mapeadas cinco (5) Classes de uso e ocupação do solo da UGRHI 18, sendo elas:

- **Corpos d'água:** que incluem todas as águas interiores, como os cursos d'água e canais, corpos d'água naturalmente fechados, sem movimento e reservatórios artificiais.
- **Cobertura Arbórea:** nesta classe estão incluídas as formações vegetais compostas predominantemente por elementos arbóreos, incluindo as matas ciliares que acompanham os cursos d'água, floresta estacional semidecídua, floresta ombrófila densa e floresta ombrófila mista, além de área de cerrado, mangue e restinga, quando estas apresentarem vegetação de maior porte. São incluídas também as formações arbóreas homogêneas plantadas, como pinus, eucalipto, seringueira e citrus.
- **Cobertura Herbácea-arbustiva:** caracterizada pela presença de formação herbácea e/ou arbustiva. Nesta classe o solo está coberto por vegetação de gramíneas ou leguminosas com altura que varia entre alguns decímetros e alguns metros. Além disso, incluem também pastos melhorados, culturas temporárias, semi-perenes, todas as terras cultivadas caracterizadas pelo delineamento de áreas cultivadas, podendo se constituir em zonas agrícolas heterogêneas ou homogêneas e áreas remanescentes de cerrado e restinga.
- **Solo Exposto:** áreas de intervenção antrópica que foram terraplenadas ou aradas, constituindo áreas em transição de uso ou uma fase intermediária do mesmo uso ou ainda áreas onde processos erosivos expuseram o solo.
- **Área Construída:** constitui áreas de uso intensivo, estruturada por edificações e sistema viário, onde há o predomínio de superfícies artificiais não agrícolas. Incluem-se nesta categoria áreas urbanas de uso residenciais, comerciais e de serviços, além de condomínios residenciais e de lazer, pequenos sítios, localizados distantes da mancha urbana principal ou ao longo de rodovias e vaís de acesso.

Para fins de se determinar o potencial de expansão da irrigação, não serão considerados áreas aptas para irrigação as áreas construídas, cobertura arbóreas e corpos d'água. Cobertura herbácea arbustiva e solo exposto serão consideradas áreas aptas para irrigação.

3.1.4 Obtenção de dados

Os dados para delimitação da Bacia Hidrográfica, usos já existentes (outorgas de uso de recursos hídricos DAEE), usados no presente trabalho foram obtidos junto a Coordenadoria de Recursos Hídricos / CRHi e por meio do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (2017).

A Disponibilidade Hídrica Superficial ($Q_{7,10}$) foi determinada no site do Sistema de Informação para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (São Paulo, 2017).

Os dados de uso e ocupação do Solo foram obtidos da Secretaria de meio Ambiente do Estado de São Paulo.

Para o desenvolvimento deste estudo, foi solicitado e autorizado junto ao Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados uma declaração que autoriza a utilização desses dados nessa pesquisa.

3.1.5 Cálculos

A área irrigável na área de interesse é a área que pode ser irrigada considerando a Vazão total disponível para Outorga, e foi calculada pela divisão da metade da Vazão $Q_{7,10}$ (m^3/dia), ou seja a Vazão Outorgável pelo Órgão Gestor, pela evapotranspiração média da Bacia Hidrográfica, dada pela fórmula:

- **[Área irrigável = 50% da $Q_{7,10}$ (m^3/dia) / evapotranspiração média ($mm/dia \cdot ha$)];**

A área outorgável da área de interesse é a área que pode ser outorgada considerando a disponibilidade hídrica da área, ou seja, a Vazão ainda disponível para outorga, e foi calculada pela divisão da metade da $Q_{7,10}$, subtraída a Vazão já outorgada, pela evapotranspiração média da Bacia Hidrográfica, dada pela fórmula:

- **[Área outorgável = ((50% da $Q_{7,10}$) - Vazão outorgada) (m^3/dia) / evapotranspiração média ($mm/dia / ha$)];**

A disponibilidade média é dada pela fórmula:

- **[Disponibilidade média ($l/s.km^2$) = $Q_{7,10}$ (l/s) / área];**

O uso da água em m^3 por hectare, por dia, é dado pela fórmula:

- **[Uso da água ($m^3/ha.dia$) = Vazão outorgada (m^3/dia) / área (ha)];**

A Evapotranspiração média utilizada teve como referência o trabalho de Silva Junior (2017), sendo:

- **Evapotranspiração média = 4mm/ dia⁻¹ (SILVA JUNIOR, 2017);**

Para a estimativa de área já irrigada, foi considerado a Vazão outorgada para uso rural dividida pela evapotranspiração média, dada pela fórmula:

- **[Estimativa de área já irrigada (há) = Vazão para uso rural (m³/s) / evapotranspiração média (mm/dia. ha)].**

Para se encontrar o potencial de expansão das áreas irrigáveis em porcentagem, foi dividida a área outorgável pela área já irrigada e multiplicado por 100.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Qualidade do recurso hídrico para irrigação

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, as Classes 1, 2 e 3 estão aptas para a irrigação. Considerando que a UGRHI 18 possui apenas classificação 2 e 3, todos os corpos hídricos da UGRHI 18 podem ser selecionados para irrigação.

4.2 Disponibilidade hídrica

4.2.1 Vazão Q_{7,10}

Na Tabela 2 são apresentados as coordenadas geográficas, a área, a área de drenagem, o valor da precipitação média anual e a vazão Q_{7,10} resultante em cada uma das Sub-bacias da UGRHI 18, enquanto que na Figura 6 são representados os valores médios das vazões calculadas.

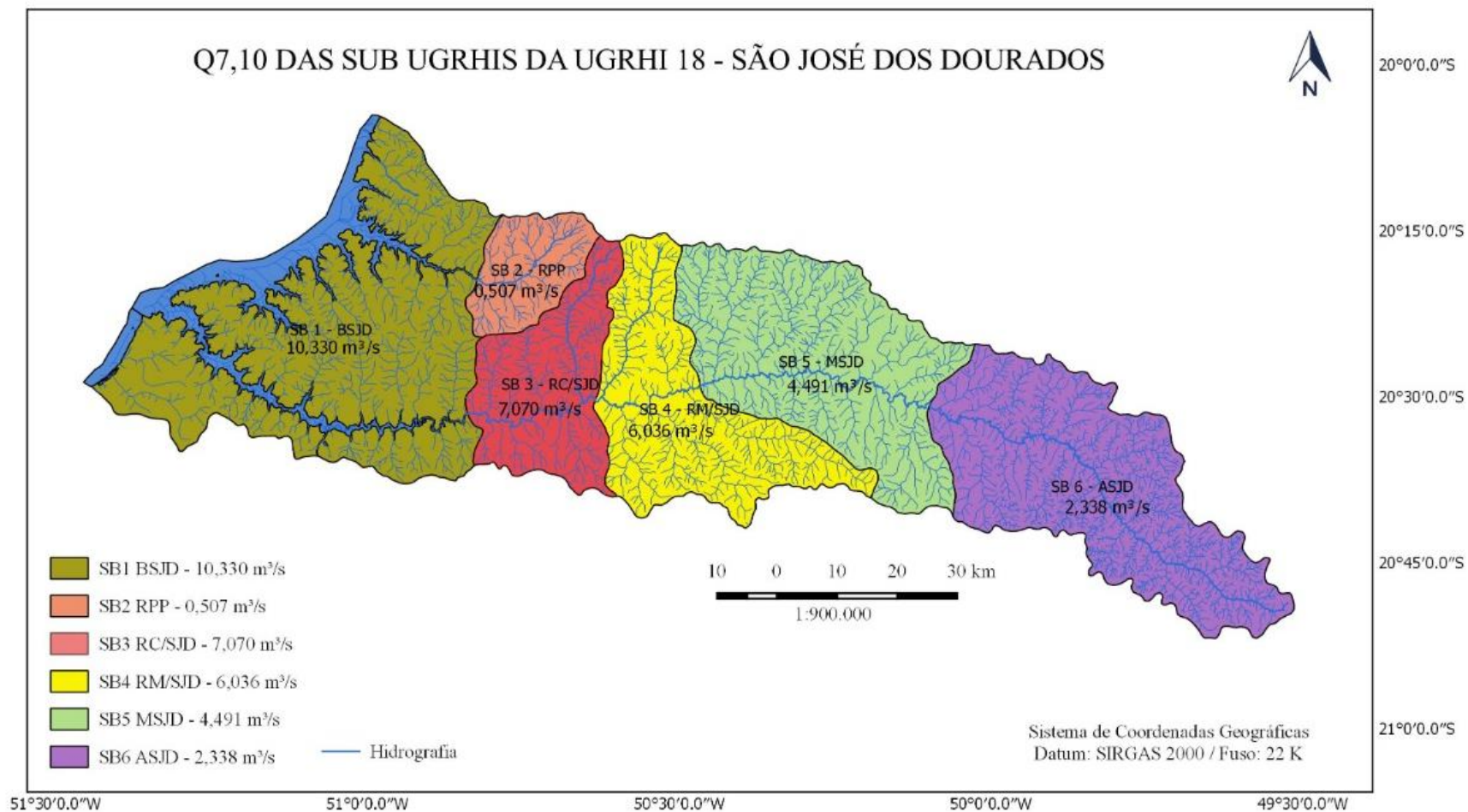
Tabela 2 – Vazão de Referência – Q_{7,10}

Sub-bacia	Exutório UTM		Área de Drenagem (Km ²)	Chuva média anual (mm/ano)	Q _{7,10} (m ³ /s)
	Longitude	Latitude			
6	593806	7731289	1394,39	1204,6	2,338
5	555471	7734254	2679,62	1204	4,491
4	538587	7731926	3616,6	1201	6,036
3	516789	7729566	4256,11	1197,7	7,07
2	518430	7752061	305,62	1196,6	0,507
1	464767	7748151	6805,21	1135	10,33

Fonte: DAEE (2018).

A área de drenagem de cada Sub-bacia foi calculada se observando a nascente da bacia hidrográfica localizada na Sub-bacia 6 e considerando que o escoamento superficial ocorre da Sub-bacia 6 em direção ao exutório localizado na Sub-bacia 1 (Rio Paraná). Portanto, a área de drenagem da Sub-bacia 5 é a soma da área da Sub-bacia 6 mais a Sub-bacia 5 e assim por diante. Desta forma, a maior Vazão se concentra na Sub-bacia 6 que recebe o escoamento de toda a bacia hidrográfica.

Figura 6 – Q_{7,10} das Sub-bacias da UGRHI 18



Fonte: Adaptado de DAEE(2018).

4.2.2 Demanda de Recursos Hídricos Superficiais na UGRHI 18 – DAEE e ANA

Conforme pode ser observado na Tabela 3, segundo o Banco de dados do DAEE, no período entre 2013 a 2016, o volume outorgado para captação superficial não apresentou grandes alterações.

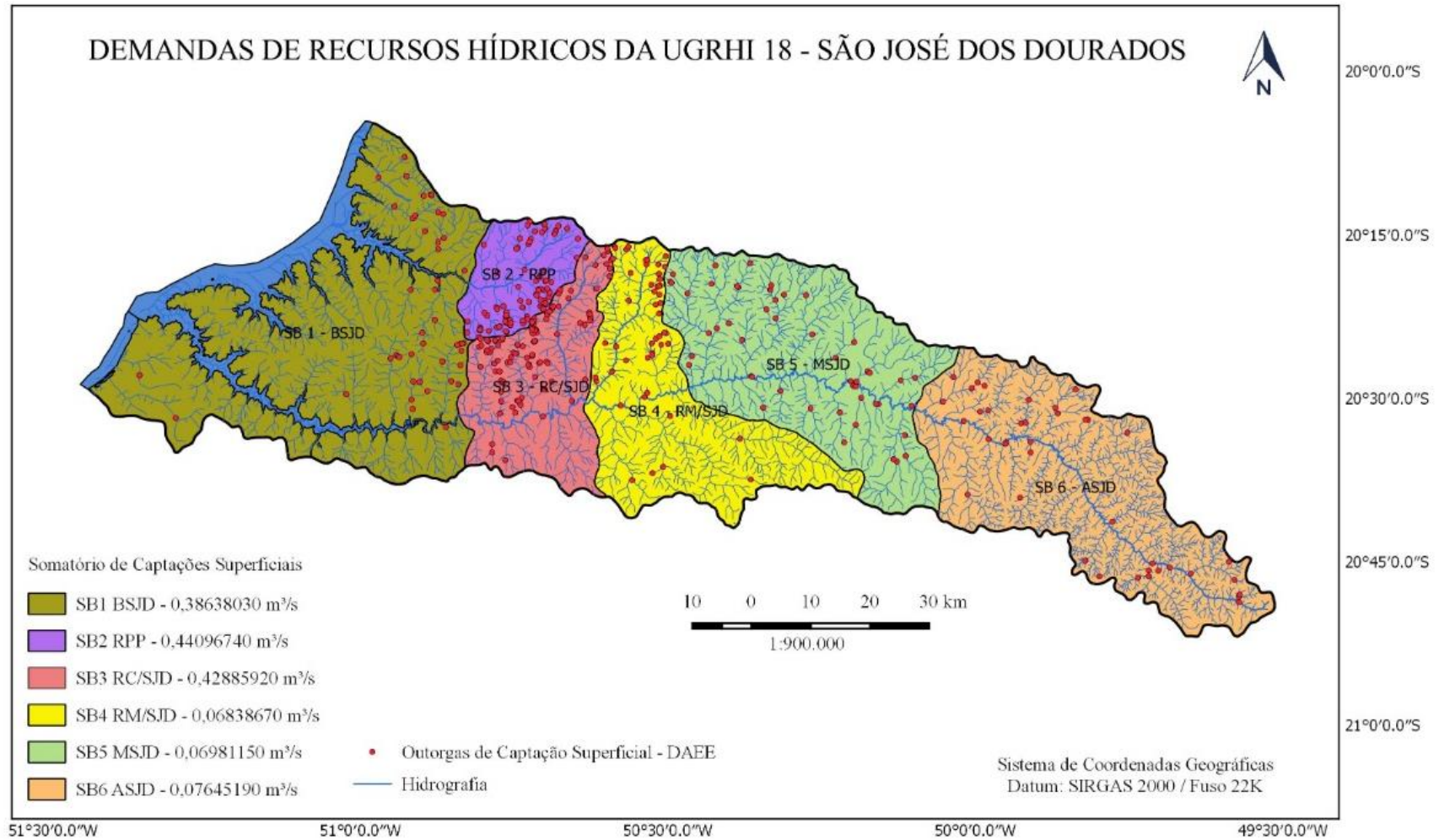
Tabela 3 - Demanda de águas superficiais na UGRHI 18 – DAEE

Demanda de águas superficiais na UGRHI 18				
Ano	2013	2014	2015	2016
m³/s	1,46	1,45	1,42	1,47

Fonte: Adaptado de DAEE (2017).

A Figura 7 e Tabela 4 apresentam a Demanda de Recursos Hídricos Superficiais da UGRHI 18 no DAEE, por Sub-bacias, mostrando que a maior demanda é na Sub-bacia 1, apesar de não apresentar o maior número de pontos de outorga, isto porque as captações nessa Sub-bacia apresentam vazões maiores.

Figura 7 – Demanda de Recursos Hídricos Superficiais da UGRHI 18 no DAEE , por Sub-bacias



Fonte: Adaptado de DAEE (2017).

Tabela 4 - Demanda de Recursos Hídricos Superficiais na UGRHI 18 – DAEE , por Sub-bacia

Sub-bacia	Vazão Outorgada (m ³ /s)
6	0,0764519
5	0,0698115
4	0,0683867
3	0,4288592
2	0,4409674
1	0,3863803
TOTAL	1,470857

Fonte: Adaptado de DAEE (2017).

A Agência Nacional das Águas (ANA) responsável pelas outorgas de Rios de domínios da União é responsável pelas outorgas do Rio Paraná, exutório da bacia, e por isso também tem outorgas na UGRHI 18. A Tabela 5 e 6 apresentam as vazões e números de outorgas de captações superficiais da ANA e DAEE separadas por tipos de usos. No entanto, o DAEE cadastra os usuários, diferentemente da ANA, somando Irrigação, Aquicultura e Criação Animal como Usos Rurais, desta forma não é possível ter conhecimento do número real de irrigantes por meio do cadastro de usuários do DAEE.

Tabela 5 - Vazões outorgadas de captações superficiais da ANA e DAEE separadas por tipos de usos

	Abastecimento Público m ³ /s	Indústria (m ³ /s)	Mineração (m ³ /s)	Irrigação (m ³ /s)	Aquicultura (m ³ /s)	Criação Animal (m ³ /s)	Outro (m ³ /s)	Sol.Alter n.m ³	Total m ³
ANA	0,0137	0,4499	0,0035	0,9337	0,0362	0,0000	0,0000	0,0000	1,4369
DAEE	0,0313	0,3213	0,0000	1,1098 (Uso Rural)			0,0063	0,0021	1,4708
Total	0,0450	0,7711	0,0035	2,0797			0,0063	0,0021	2,9077

Fonte: DAEE, ANA (2017).

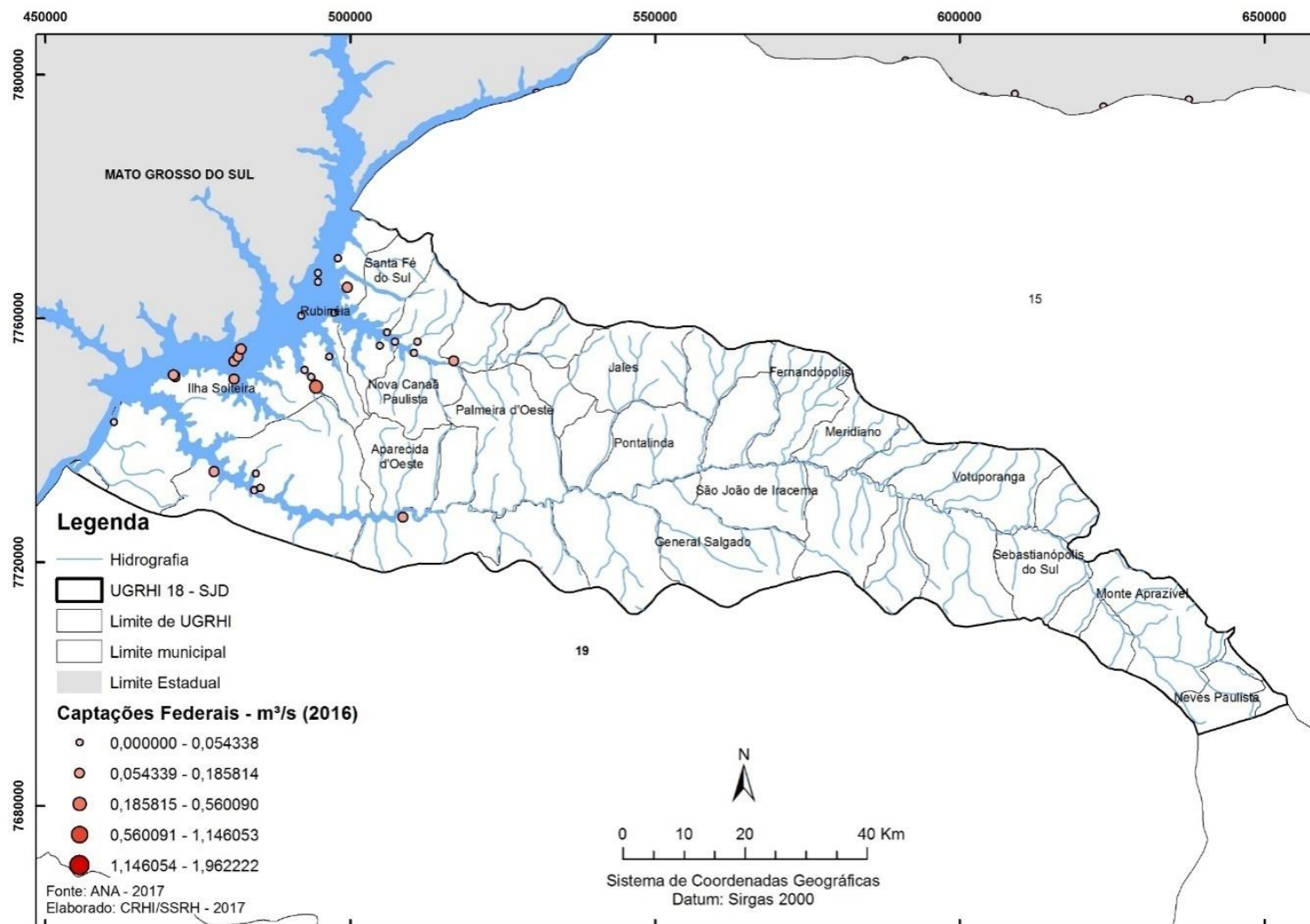
Tabela 6 – Números de outorgas de captações superficiais da ANA e DAEE separadas por tipos de usos

	Abastecimento Público	Indústria	Mineração	Irrigação	Aquicultura	Criação Animal	Outro
ANA	1	3	2	22	3	0	0
DAEE	2	13	0		426		9
Total	3	16	2		451		0

Fonte: Fonte: DAEE, ANA (2017).

A Figura 8 apresenta a demanda de Recursos Hídricos Superficiais da UGRHI 18 na ANA.

Figura 8 – Demanda de recursos superficiais de domínio da União – UGRHI 18 – ANA



Fonte: ANA, (2017).

Os dados mostram que a UGRHI 18 tem uma vazão outorgada de 1.438289 m³/s de água na ANA, e deste total 0.933685502 m³/s são destinados à irrigação de 3922 hectares de área, representando 64,9 % do total da vazão outorgada.

Já o DAEE tem outorgado 1,4706 m³/s para todos os usos, sendo 1,1098 m³/s de uso Rural que engloba a irrigação, aquíicultura e criação de animais e representa 75,46% da vazão total outorgada. Se os usos considerados rurais da ANA forem somados, juntos eles representam 67,5 % da vazão total outorgada.

No entanto, deve ser destacado, que há algumas incertezas em relação aos dados, pois sabe-se que os volumes e proporções podem não representar com fidelidade a realidade, em razão da existência de usos ainda não regularizados, ou seja muitos usuários não possuem outorga, limitando o cálculo da demanda sobre as outorgas existentes nos bancos de dados.

4.2.3 Regionalização Hidrológica – Recursos Hídricos Estaduais - DAEE

Para verificação da disponibilidade hídrica superficial na seção de estudo de um curso d'água o DAEE adota os seguintes critérios gerais:

- Vazão mínima remanescente a ser mantida para jusante de qualquer seção onde se instale captação ou barramento: 0,5 Q_{7,10};
- Total de usos consuntivos instalados a montante da seção de estudo: Diferença entre todas as vazões captadas (derivações ou retiradas) e as lançadas (retornos) existentes, localizadas a montante da seção;
- Vazão total disponível para outorga de captação a fio d'água em determinada seção: (0,5 Q_{7,10})

Vale ressaltar que estes critérios do DAEE, somente são aplicados se se não houver disposições em contrário estipuladas pelo Comitê de Bacias Hidrográficas em cuja área de atuação se insere o aproveitamento hidrelétrico (DAEE, 2017).

A Tabela 7 apresenta a Disponibilidade hídrica superficial, calculando-se a porcentagem da demanda das águas superficiais em relação à Vazão usada como referência para as Outorgas pelo DAEE (Q_{7,10}). Também foi feita uma classificação de acordo com os valores de referência do Conselho Estadual de Recursos Hídricos –CRH, conforme Tabela 8.

Tabela 7 - Disponibilidade hídrica superficial na UGRHI 18– DAEE

Sub-bacia	Vazão Outorgada (m ³ /s)	Vazão de referência (Q _{7,10})(m ³ /s)	Vazão outorgada em relação a Q _{7,10} : %
6	0,0764519	2,338	3,27
5	0,0698115	4,491	1,554
4	0,0683867	6,036	1,133
3	0,4288592	7,07	6,066
2	0,4409674	0,507	86,976
1	0,3863803	10,33	3,74

Fonte: Adaptado de DAEE (2017).

Tabela 8 – Valores de referência para classificação da Demanda total em relação a Q_{7,10}

Demanda total em relação a Q _{7,10}
< 30% - Boa
30% a 50% - Atenção
> 50% - Crítica

Fonte: Adaptado de São Paulo, 2017.

Como pode ser observado na Tabela 7, a Demanda Superficial em relação à Q_{7,10} (%) é classificada como “Boa” nas Sub-bacias 1, 3, 4, 5 e 6 e como “Crítica” na Sub-bacia 2.

A Tabela 9 e Figura 9 apresentam a Disponibilidade Hídrica de cada Sub-bacia, a partir do cálculo da diferença entre a Vazão Outorgável pelo Órgão Gestor (50% da Q_{7,10}) e a Vazão já outorgada.

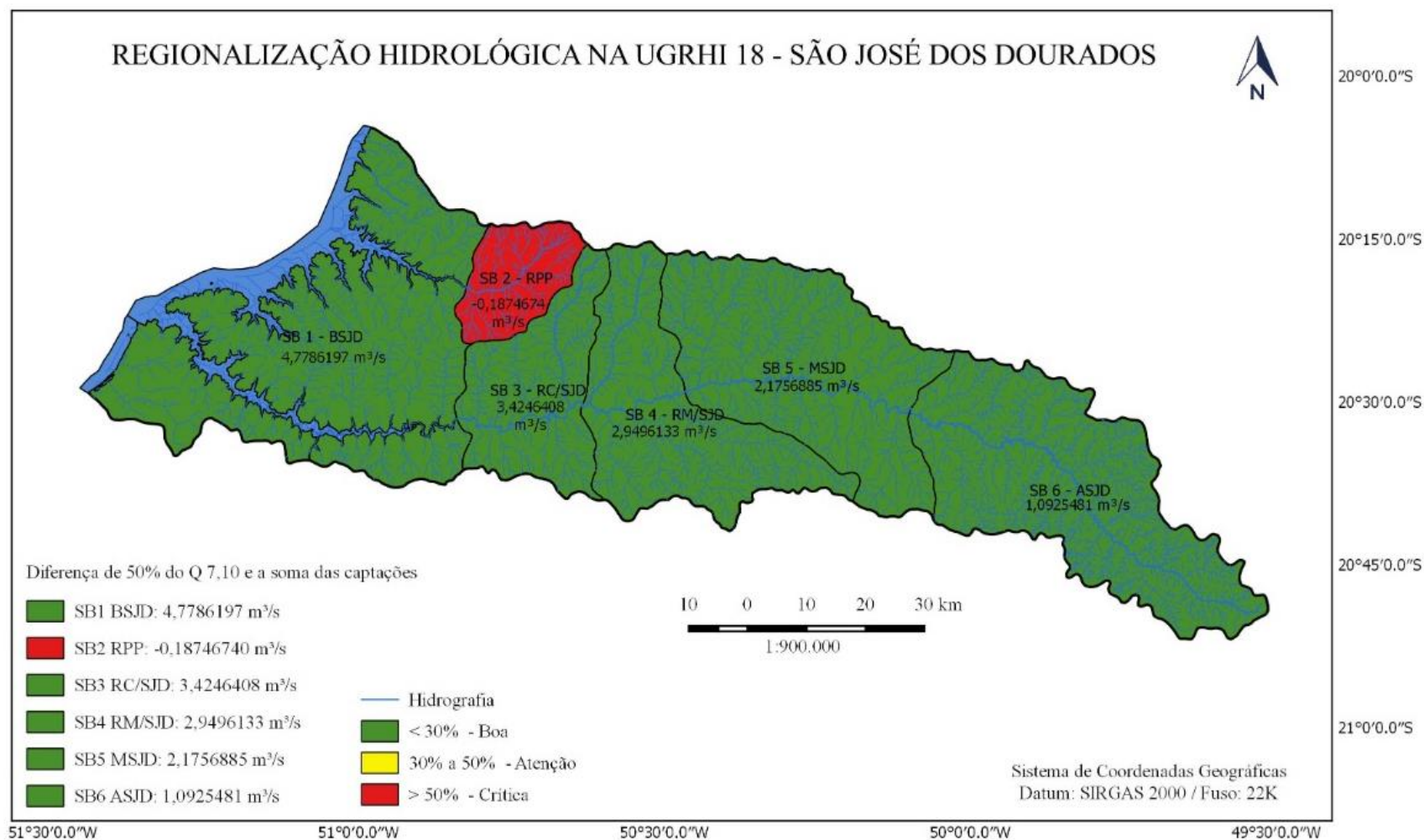
Tabela 9 – Disponibilidade hídrica – outorgável das Sub-bacias da UGRHI 18

Sub-bacia	Q _{7,10} 50% Outorgável (m ³ /s)	Disponibilidade Hídrica outorgável(m ³ /s)
6	1,169	1,093
5	2,2455	2,176
4	3,018	2,95
3	3,535	3,106
2	0,2535	-0,187
1	5,165	4,779

Fonte: Adaptado de DAEE (2017)

Como pode ser novamente observado, a Sub-bacia 2 já ultrapassou 73,8% do seu limite de vazão para outorga, ou seja, sua vazão outorgável é de 0,2535 m³/s, no entanto, já tem outorgada 0,4409674 m³/s e por isso está em situação crítica.

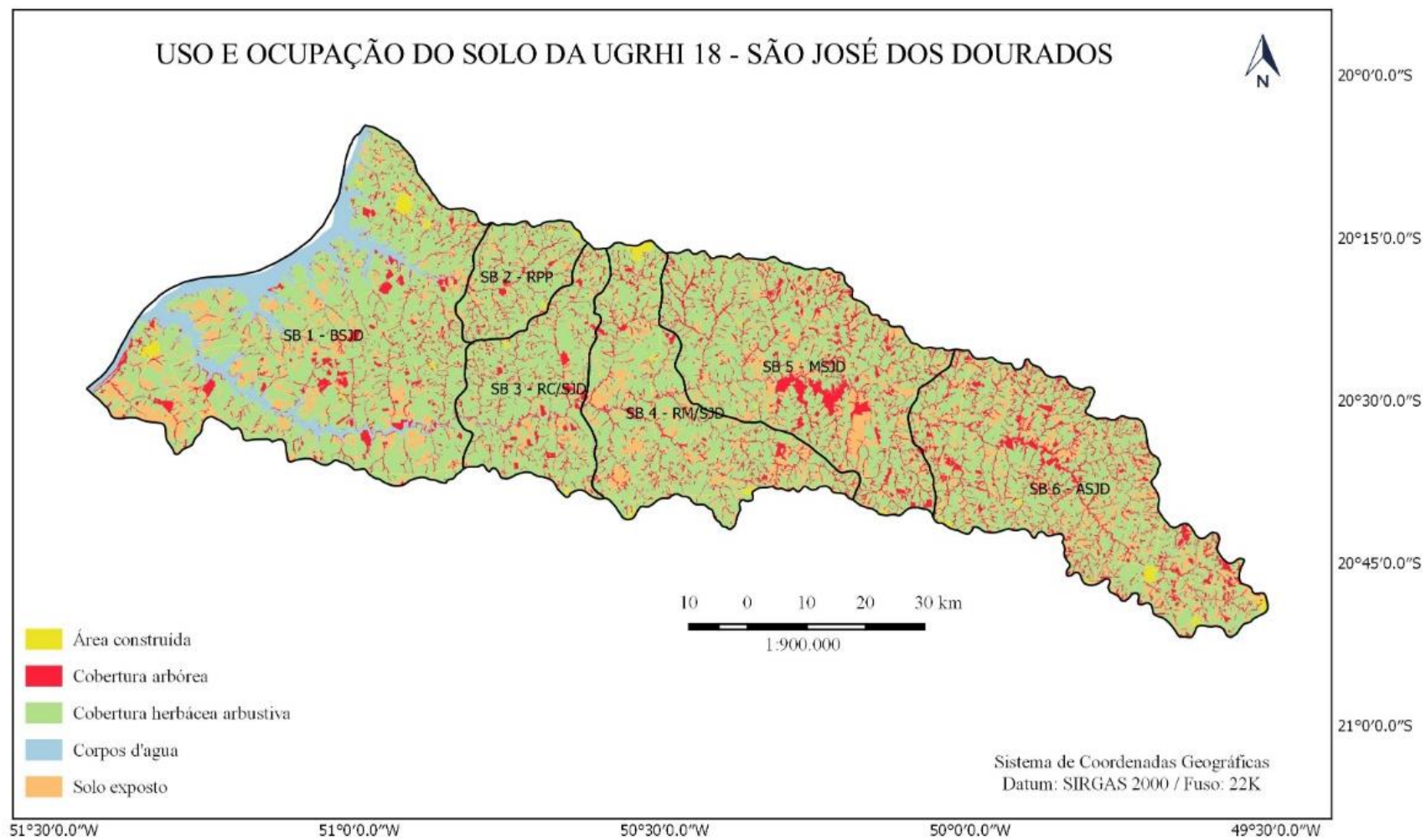
Figura 9 - Regionalização hidrológica na UGRHI 18 por Sub-bacias



Fonte: Próprio Autor

4.3 Uso e ocupação do solo

A Figura 10 representa o uso e ocupação do solo na UGRHI-18, dividida em Sub-bacias, de acordo com mapeamento da Secretaria do meio Ambiente (2013).

Figura 10 - Mapa de Uso e ocupação do solo na UGRHI 18

Fonte: Secretaria de Meio Ambiente (2013).

O uso predominante na bacia é a cobertura herbácea arbustiva, que representa 67,59% da área total, seguido por cobertura arbórea com 13,71%, solo exposto com 12,98%, corpos d'água 4,61 e área construída com apenas 1,11%. A pequena porcentagem de área construída na bacia é evidência de que a mesma se trata de uma bacia rural, ou seja, o uso predominante é o uso rural.

A Tabela 10 apresenta a quantificação do uso e ocupação do solo separadamente para cada Sub-bacia presente na área da UGRHI-18.

Tabela 10 - Quantificação do Uso e Ocupação do Solo por Sub-bacia

Classe de uso do solo	SB 1 - BSJD		SB2 - RPP		SB3 - RC/SJD		SB4 - RM/ SJD		SB5 - MSJD		SB6 - ASJD	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Corpo d'água	306,75	13,67	0,06	0,02	3,49	0,55	1,02	0,11	1,68	0,13	0,51	0,04
Cobertura arbórea	206,83	9,22	38,73	12,67	84,71	13,25	116,10	12,39	229,80	17,87	256,93	18,43
Cobertura herbácea abustiva	1.396,37	62,24	240,34	78,64	498,46	77,94	662,58	70,71	885,22	68,88	916,92	65,75
Solo exposto	306,89	13,68	22,86	7,48	49,13	7,68	139,79	14,92	163,70	12,74	201,09	14,42
Área construída	26,65	1,19	3,62	1,19	3,72	0,58	17,49	1,87	4,84	0,38	18,94	1,36
Total	2.243,49	100,00	305,61	100,00	639,51	100,00	936,98	100,00	1.285,24	100,00	1.394,39	100,00

Fonte: Secretaria do Meio Ambiente (2013).

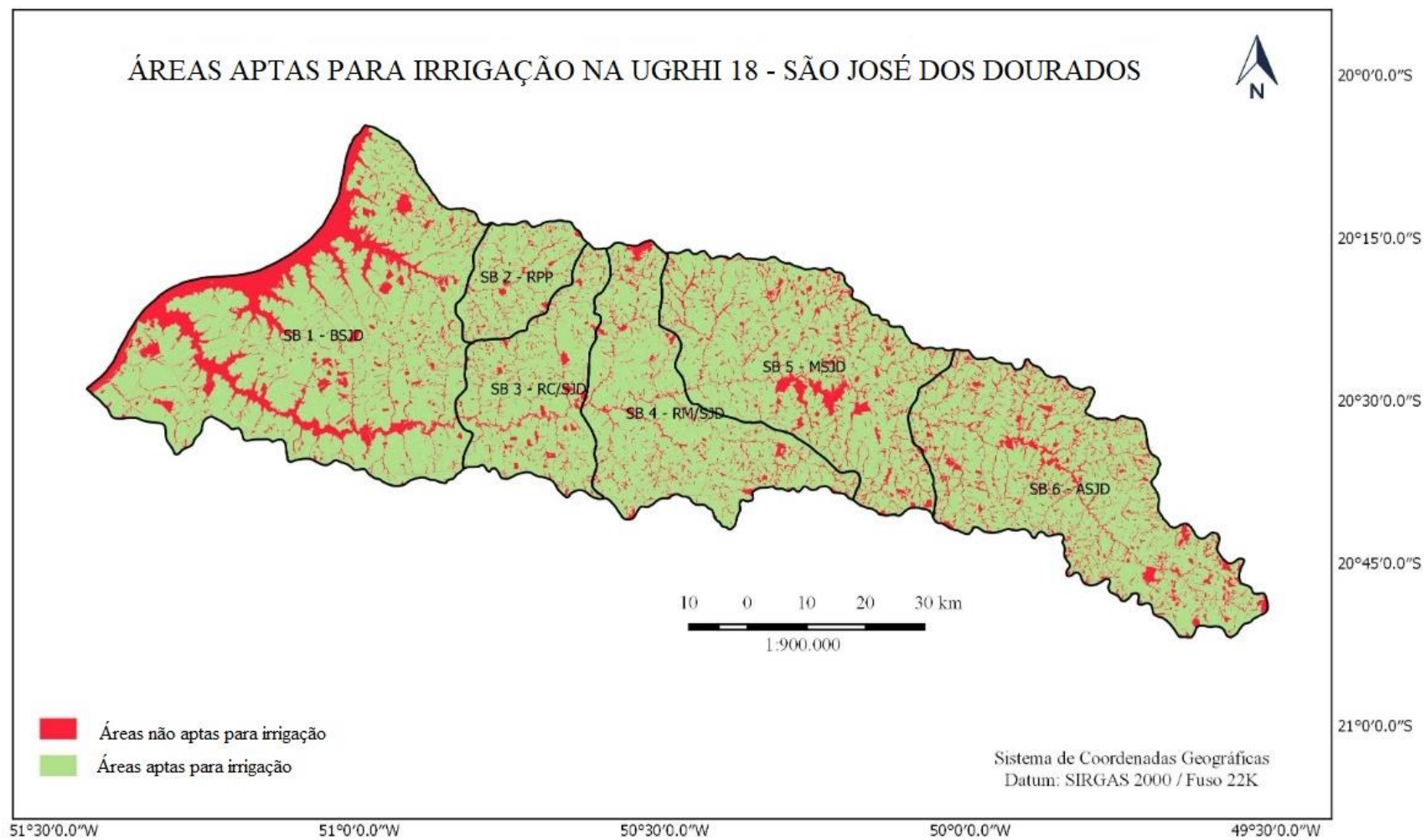
Em todas as Sub-bacias o uso predominante é a cobertura herbácea arbustiva, que representa mais de 60% da área em todas elas. Em relação aos corpos d'água a Sub-bacia 1 se destaca com o maior percentual (13,67 %) e a Sub-bacia 6 com apenas 0,04%. No uso cobertura arbórea o maior percentual encontra-se na Sub-bacia 6 (18,43%) e o menor na Sub-bacia 1 (9,22 %). Solo exposto tem seu maior percentual na Sub-bacia 4 (14,92%) e menor na Sub-bacia 2. A área construída tem maior representatividade na Sub-bacia 6 (1,36%) e menor na Sub-bacia 5 (0,38%).

4.4 Balanço das Áreas das Sub-bacias da UGRHI 18

Com o objetivo de se determinar as áreas aptas para irrigação, não foram consideradas áreas construídas, cobertura arbórea e corpos d'água. Cobertura herbácea arbustiva e solo exposto serão consideradas áreas aptas para irrigação. Vale destacar que nesta classificação de uso e ocupação do solo a Cobertura Arbórea contém as APPs e reservas legais.

A Figura 11 e a Tabela 11 apresentam as áreas aptas e as não aptas para irrigação, divididas em Sub-bacias.

Figura 11 - Áreas aptas para irrigação na UGRHI 18 por Sub-bacias



Fonte: Próprio Autor

Tabela 11 - Áreas aptas para irrigação

Áreas (Km²)	Aptas para irrigação	Não aptas para irrigação	Total
SB1 - BSJD	1.703,26	540,23	2.243,49
SB2 - RPP	263,2	42,41	305,61
SB3 - RC/SJD	547,59	91,92	639,51
SB4 - RM/SJD	802,37	134,61	936,98
SB 5 -MSJD	1.048,92	236,32	1.285,24
SB6 - ASJD	1.118,01	276,38	1.394,39
TOTAL	5.483,35	1.321,87	6.805,22

Fonte: Próprio Autor

Das áreas aptas para irrigação é necessário se extrair aquelas que já são irrigadas para, dessa forma, ser possível chegar à área efetivamente disponível para irrigação. No entanto, atualmente não existe uma base de dados atualizada e georreferenciada em escala compatível que contenha os dados de todas as áreas irrigadas em território brasileiro. Assim, para se conhecer o potencial de expansão das áreas irrigadas na UGRHI 18 foram calculadas as áreas irrigáveis de cada Sub-bacia de acordo com a disponibilidade hídrica e o tipo de uso do solo (sendo passível de irrigação ou não), conforme Tabela 12. Para estimativa das áreas já irrigadas, foi utilizado a vazão outorgada para Uso Rural do DAEE, considerando que os volumes para irrigação não são identificados isoladamente.

Tabela 12 - Potencial de expansão das áreas irrigadas da UGRHI 18 por Sub-bacias, com recursos hídricos de domínio do DAEE

Sub Bacia	Área (Km ²)	Q _{7,10} (m ³ /s)	50% -Q _{7,10} (Outorgável) (m ³ /s)	Área Irrigável 50% Q _{7,10} (ha)	Vazão Outorgada (m ³ /s)	Uso Rural (m ³ /s)	Área Outorgável - (50% Q _{7,10}) (ha)	Disponibilidade média (l/s.km ²)	Uso da água (m ³ /ha.dia)	Estimativa de área já irrigada (ha)	Potencial de expansão da área irrigada (%)
6	1.394,39	2,34	1,17	2.548,83	0,08	0,08	2.382,13	1,68	0,05	165,33	1.440,85
5	1.285,23	4,49	2,25	4.895,97	0,07	0,07	4.743,76	3,49	0,05	150,54	3.151,14
4	936,98	6,04	3,02	6.580,29	0,07	0,05	6.431,18	6,44	0,06	114,96	5.594,51
3	639,51	7,07	3,54	7.707,53	0,43	0,32	6.772,47	11,06	0,58	691,24	979,76
2	305,62	0,51	0,25	552,72	0,44	0,37	0,00	1,66	1,25	807,84	0,00
1	2.243,48	10,33	5,17	11.261,49	0,39	0,22	10.419,05	4,60	0,15	489,94	2.126,61
Total	6.805,21			33.546,83	1,47	1,11	30.748,59		2,13	2.419,84	1.270,69

Sendo:

- Área irrigável = 50% da Q_{7,10} (m³/dia) / evapotranspiração média (mm/dia .ha)
- Área outorgável = ((50% da Q_{7,10}) – Vazão outorgada) (m³/dia) / evapotranspiração média (mm/dia / ha)
- Disponibilidade média (l/s.km²) = Q_{7,10} (l/s) / área
- Uso da água (m³/ha.dia) = Vazão outorgada (m³/dia) / área (ha)
- Evapotranspiração média utilizada = 4mm/ dia⁻¹ (SILVA JUNIOR, 2017)
- Estimativa de área já irrigada (há) = Vazão para uso rural (m³/s) / evapotranspiração média (mm/dia .ha)

A Tabela 13 apresenta as áreas aptas para irrigação, áreas já irrigadas e áreas potenciais de expansão.

Tabela 13: Estimativa de áreas aptas para irrigação, áreas já irrigadas e áreas potenciais de expansão, nas Sub-bacias da UGRHI 18

Sub-bacia	Áreas Aptas para irrigação (ha)	Estimativa de áreas já irrigadas (ha)	Áreas potenciais de expansão (ha)
6	1.703.260,00	165,33	23.820,00
5	263.200,00	150,54	47.440,00
4	547.590,00	114,96	64.310,00
3	802.370,00	691,24	67.720,00
2	1.048.920,00	807,84	0,00
1	1.118.010,00	489,94	104.190,00
Total	5.483.350,00	2.419,85	307.490,00

Fonte: Próprio Autor.

Após se determinar as áreas aptas para irrigação, ou seja, descontando-se as áreas de reserva legal, APP e áreas construídas, foi também subtraído dessas áreas a estimativa de áreas já irrigadas, e na sequência foi determinado as áreas outorgáveis ou potenciais de expansão pela disponibilidade hídrica e chegou-se a **307.490 há** de áreas que estão disponíveis para o fomento da agricultura irrigada. Analisando cada Sub-bacia individualmente, apenas Sub-bacia 2 não apresenta potencial de expansão. A possível solução para resolver a situação crítica da SB 2 pode ser a construção de pequenas barragens, no entanto, há de se levar em consideração onde construir e quais os custos econômicos e ambientais dessa construção.

Considerando a possibilidade de expansão deve se levar em consideração a viabilidade técnica e financeira da instalação dos novos equipamentos, dependendo da distância do corpo hídrico e da altura manométrica para bombeamento da água.

Também vale destacar que as informações referentes aos dados oficiais relativos a balanço hídrico devem ser vistas com cautela, pois há valores de demanda provavelmente menores do que o que realmente e há um risco desses dados expressarem uma situação menos crítica do que a realidade.

Para que a expansão da área irrigada aconteça de forma sustentável na UGRHI 18, ações imediatas devem ser empreendidas no sentido de promover a maior permanência da água nas micro bacias e isso deve ser feito com práticas de conservação do solo e barramento.

Um ponto-chave a ser empregado para a utilização desse e de outros recursos hídricos é a tecnologia. Há diversas e modernas tecnologias que podem e que já estão sendo empregadas para aumentar a eficiência de diferentes sistemas de produção irrigados, seja na agricultura convencional, no plantio direto, na fixação biológica de nitrogênio, na rotação de culturas, na agricultura orgânica, em sistemas de produção integrados, na integração lavoura-pecuária-floresta plantada e em sistemas agroflorestais. Com o aperfeiçoamento e aumento de eficiência das técnicas e dos processos de irrigação, mesmo em áreas atualmente já irrigadas, por meio da introdução de sistemas e métodos mais eficientes e tecnologias modernas para o manejo adequado da água e do solo, novas áreas poderão ser incorporadas ao processo produtivo sem necessidade de aumento da disponibilidade hídrica.

Também há de se considerar que este potencial de expansão das áreas irrigadas é resultado apenas dos recursos hídricos superficiais de domínio estadual, ou seja, neste cálculo não está sendo considerado o potencial de expansão das áreas irrigadas com os recursos hídricos captados no Rio Paraná, de domínio da ANA, no exutório da Bacia Hidrográfica, portanto, na realidade, este potencial é ainda maior se considerado também as captações no Rio Paraná. Por isso a ANA tem papel fundamental na expansão da agricultura irrigada na SB 1, próximo ao exutório, podendo ofertar recursos hídricos em quantidade maior que o DAEE.

As previsões que o modelo adotado neste trabalho são capazes de gerar não são realidade visível em todos os casos específicos em escalas menores, no entanto, permite a visão ampla da complicação do problema, além de possibilitar um ponto de partida importante para as análises locais.

Para uma tomada de decisão final mais segura sobre investimentos em agricultura irrigada, faz-se ainda necessário um detalhamento e uma análise das condições locais para a definição final das áreas consideradas prioritárias para a aplicação de políticas públicas e mesmo de investimentos privados.

5 CONCLUSÃO

Analisando cada Sub-bacia da UGRHI 18 individualmente, observa-se que a SB 2 já ultrapassou 50% da $Q_{7,10}$ que é a vazão outorgável pelo DAEE e apresenta-se em estado crítico quanto a disponibilidade hídrica, isto por possuir a menor área de drenagem da UGRHI. No entanto, o potencial de expansão das áreas irrigadas da UGRHI 18, se referindo a Bacia como um todo chega a **1.270** %, ou seja, quase 13 vezes mais do que é irrigado atualmente.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ATLAS IRRIGAÇÃO. **Uso da água na agricultura irrigada**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2017. Disponível em: <http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>. Acesso em: 27 dez. 2017.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília, 2011, 54 p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/OutorgaDeDireitoDeUsoDeRecursosHidricos.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2017. (Cadernos de Capacitação em recursos Hídricos).

BARROSO, A. de A. F. et al . Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 588-593, jun. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011000600008&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 10 dez. 2017.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 9433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>. Acesso em: 10 abr. 2018.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 17 abr. 2018.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 12.787 de 11 de janeiro de 2013**. Dispõe sobre a política nacional de irrigação; altera o art. 25 da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002; revoga as Leis nºs 6.662, de 25 de junho de 1979, 8.657, de 21 de maio de 1993, e os Decretos-Lei nºs 2.032, de 9 de junho de 1983, e 2.369, de 11 de novembro de 1987; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12787.htm. Acesso em: 27 abr. 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 20 , de 18 de junho de 1986**. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional. Disponível em: <http://www.normasbrasil.com.br/norma/?id=94894>. Acesso em: 03 nov. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterado pela resolução CONAMA 397/2008. 27 p.

Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 04 set. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 410, de 04 de maio de 2009**. Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, e no art. 3º da Resolução nº 397, de 3 de abril de 2008. Disponível em: <http://www.normasbrasil.com.br/norma/?id=110463>. Acesso em: 10 dez. 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 9 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2012.

CARDOSO DA SILVA, L. M.; MONTEIRO, R. A. Outorga de direito de uso de recursos hídricos: uma das possíveis abordagens. In: MACHADO, C. J. S. (org.). **Gestão de águas doces**. Rio de Janeiro: Interciência. 2004. Cap. 5, p. 135-178.

CECÍLIO, R. A.; REIS, E. F. **Manejo de bacias hidrográficas**. [S.n.]: Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. 10 p. (Apostila didática).

CBH – SJD: COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2013 – ano base 2012 – UGRHI 18**. São José do Rio Preto, 2013. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-SJD/10639/rs_cbh-sjd_2013.pdf. Acesso em: 30 ago. 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2013**. São Paulo, 2014. 434 p.

CONJUNTURA DOS RECURSOS HIDRICOS NO BRASIL 2018. Brasília DF: **Ana, n. 10, 2018**. Anual. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe_conjuntura_2018.pdf. Acesso em: 20 jan. 2017.

CUNHA, E. C. N. A Gestão dos recursos hídricos no Brasil e a formação do conceito jurídico de vazão ecológica. In: YOSHIDA, C. Y. M. (org.). **Recursos hídricos: aspectos éticos, jurídicos, econômicos e socioambientais**. Campinas: Alínea, 2007. V. 1.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **O que é DAEE?** Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, 2017. Disponível em: http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=50. Acesso em: 17 dez. 2017.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de cálculo das vazões mínimas nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1994. 64 p.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Regionalização hidrológica no Estado de São Paulo. **Revista Águas e Energia Elétrica**, São Paulo, v. 5, n. 14, p. 4-10, 1988.

DAMIÃO, J. O.; HERNANDEZ, F. B. T .; SANTOS, G. O.; ZOCOLER, J. L. Balanço hídrico da Região de Ilha Solteira, noroeste paulista. In: CONIRD - CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 20, 2010, Uberaba. **Anais [...]** Brasília, DF: ABID, 2010. Disponível em: http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conird2010_damiaio.pdf. Acesso em: 25 abr. 2016.

DEMATTE, J. A. M.; TOLEDO, A. M. A.; SIMÕES, M. S. Metodologia para reconhecimento de três Solos por sensores: laboratorial e orbital. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 877-889, 2004.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of the world’s land and water resources for food and agriculture: managing system at risk**. New York, 2011.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **World land and Water prospects**. Rome: Land and Water Development Division, 2013.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. **Agricultura irrigada sustentável no Brasil: identificação de áreas prioritárias**. Brasília DF, 2017. 243 f. Disponível em: <https://agriculturaconsciente.com.br/levantamento-aponta-areas-prioritarias-para-uma-agricultura-irrigada-sustentavel/>. Acesso em: 10 dez. 2018.

FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS LUIZ DE QUEIROZ – FEALQ (Piracicaba) (Org.). estudo análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil. Piracicaba, 2014. 217 f. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/documents/1610141/3732769/Análise+Territorial+-+Relatório+Técnico+Final.pdf/39ec0b08-3517-47e8-acbd-269803e3cf97>. Acesso em: 10 dez. 2018.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90 p.

FINKLER, R. **Planejamento, manejo e gestão de bacias hidrográficas**. Projeto água e gestão. Itaipu: Itaipu Binacional, 2004. (Unidade 1, apostila didática).

GALVÃO, J.; BERMANN, C. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **Estudos Avançados**, São Paulo , v. 29, n. 84, p. 43-68, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142015000200043&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 30 dez. 2017.

GALVÍNCIO, J. D.; SOUSA, F. A. S.; SHIRINIVASAN, V. S. Análise do relevo da bacia hidrográfica do açude Epitácio Pessoa. **Revista de Geografia**, Recife, v. 23, n. 1, p. 54-69, 2008.

GROPPO, J. D. **Estudo de tendências nas series temporais de qualidade de água de rios no Estado de São Paulo com diferentes graus de intervenção antrópica**. 2005. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. **Avaliação da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio São José dos Dourados, no noroeste paulista**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais** [...] Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1553.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2016.

HERNANDEZ, F. B. T.; SOUZA, S. A. V.; ZOCOLER, J. L.; FRIZZONE, J. A. Simulação e efeito de veranicos em culturas desenvolvidas na região de Palmeira d’Oeste, Estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v. 23, n. 1, p. 21-30, 2003.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas temáticos**: mapas de solos do Brasil. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/brasil/solos.pdf. Acesso em: 04 jul. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT.. **Relatório Técnico nº 87 018-205**: plano de bacia da unidade de gerenciamento de recursos hídricos do rio São José dos Dourados - UGRHI 18: relatório final. São Paulo: IPT, 2008.

IPT - Instituto INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 2012. 189 p. (Relatório Técnico nº 131.057-205 – B1-1/189. Anexo B1: Dossiê das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – UGRHIS).

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa de erosão do estado de São Paulo**. Escala 1:1.000.000. São Paulo: Convênio IPT/DAEE, 1997.

IRRIGART - ENGENHARIA E CONSULTORIA EM RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE. **Relatório n. 803/15**: plano de bacia da unidade de gerenciamento de recursos hídricos do rio São José dos Dourados UGRHI - 18. Piracicaba, 2015. v. 1. 403 p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. K. E. **Gotha**: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. [n.p]. 1928.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.) **Brasil em relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br>. Acesso em: 29 dez. 2017

MARTINS, F.B. *et al.* Zoneamento Ambiental da sub – bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS). Estudo de caso. **Cerne**, Lavras, v.11, n.3, p.315-322, jul./set. 2005.

NOWATZKI, A.; SANTOS, L. J. C.; PAULA, E. V. de. Utilização do Sig na delimitação das áreas de preservação permanente (APP’s) na Bacia do Rio Sagrado (Morretes/PR). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 1, p. 107-120, 2010.

OLIVEIRA, P. T. S. de *et al.* Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 819-825, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000800005&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 16 dez. 2017.

PAIVA NETO, J. E. de *et al.* Observações gerais sobre os grandes tipos de solo do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 11, n. 7-9, p. 227-253, 1951. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051951000300005&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 17 dez. 2017.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662000000300025&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 27 set. 2017.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. La L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 16 dez. 2017.

REBOUCAS, A. C. Água e desenvolvimento rural. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 327-344, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142001000300024&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 dez. 2017.

RIBEIRO, C. A. A. S. et al. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 203-212, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000200004&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 16 dez. 2017.

ROLIM, G. de S.; CAMARGO, M. B. P. de; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. de. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p. 711-720, 2007.

SAMPAIO, Y.; SAMPAIO, L.; BARROS, E. de S. Ajustes ambientais nos modelos DEA e a agricultura irrigada. **Economia Aplicada**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 3, p. 381-397, set. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-80502012000300002&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 17 dez. 2017.

SANTANA, D. P. Manejo integrado de bacias hidrográficas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T., ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do Estado de

São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 3, p. 142-149, 2010.

SÃO PAULO (Estado). Assembléia Legislativa. **Decreto nº 10.755, de 22/11/1977**. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=153028>. Acesso em: 03 nov. 2017.

SÃO PAULO (Estado). Assembléia Legislativa. **Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991**. Estabelece normas de orientação à política estadual de recursos hídricos bem como ao sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo, 1991. Disponível em :< <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/alteracao-lei-7663-30.12.1991.html>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

SÃO PAULO (Estado). Assembléia Legislativa. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo – Sma. **Mapa de cobertura da terra do Estado de São Paulo**. 2013. Disponível em: <https://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/mapa-de-cobertura-da-terra-do-estado-de-sao-paulo/>. Acesso em: 10 dez. 2017.

SÃO PAULO (Estado). Assembléia Legislativa. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos. UGRHI 18 São José dos Dourados. **Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004/2007**. Disponível em: http://ftp.sp.gov.br/_ftpcomitepcj/PERH/04-07_UGRHI-18.pdf. Acesso em: 30 set. 2017.

SÃO PAULO (Estado). Assembléia Legislativa. DAEE. SIGRH (Ed.). **Regionalização Hidrológica: hidrologia**. 2018. Disponível em: <http://143.107.108.83/cgi-bin/regnet.exe?lig=podfp>. Acesso em: 10 dez. 2018.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. **Sistema de cadastro ambiental rural do Estado de São Paulo**. Mídia. São Paulo. Acesso em 16 dez. 2017.

SÃO PAULO (Estado). Sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH). **Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977**. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. São Paulo, 1977. Disponível em : http://www.sigrh.sp.gov.br/arquivos/enquadramento/Dec_Est_10755.pdf. Acesso em: 10 abr. 2018.

SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS – SSRH. Coordenadoria de Recursos Hídricos - CRHi. **Situação dos recursos hídricos no estado de São Paulo**: 2015. 6. ed. São Paulo: Coordenadoria de Recursos Hídricos, 2017. 368 p.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria de Recursos Hídricos. **Relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo – Ano base 2016**. São Paulo: SMA/CRHi, 2016. Disponível em < <http://www.sigrh.sp.gov.br/> >. Acesso em 01 mai. 2017.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Sistema de informações para o gerenciamento dos recursos hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretária do Meio Ambiente. 2007. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/>>. Acesso em: 01 maio 2017.

SILVA, A. de S. *et al.* **Irrigação e seus impactos na qualidade dos recursos hídricos e no solo**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2004. (Tema e Conteúdo de palestra proferida no Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura, Centro de Eventos – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo).

SILVA JUNIOR, J. F. **Evapotranspiração de referência como base para o manejo sustentável da irrigação no Noroeste Paulista**. 2017. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/150781>. Acesso em: 10 nov. 2018

SILVA, L. M. da C.; HORA, M. de A. G. M. Conflito pelo uso da água na bacia hidrográfica do Rio São Marcos: estudo de caso da UHE batalha. **Engevista**, Niterói, v. 17, n. 2, p. 166-174, 2015.

SILVEIRA, C. T. *et al.* Mapeamento de declividade de vertentes: aplicação na APA de Guaratuba/Paraná. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA/REGIONAL CONFERENCEON GEOMORPHOLOGY, 6, 2006, Goiânia. **Anais [...]** Goiânia: [s.n.], 2006. p. 1-10. Disponível em: <http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/Sinageo/fscommand/web/articles/432.pdf>. Acesso em: 21 set. 2017.

STEFANOSKI, D. C. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

SOUZA, A. K. P.; BATISTA, G. T. Caracterização fisiológica da bacia hidrográfica do Alto Rio Jamanxim, Pará, Brasil. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 2, n. 2, p. 69-87, 2007.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, 2017.



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS

Protegendo a água. Conservando o solo. Preservando o meio ambiente.

DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DADOS

Eu, Flávio Prandi Franco, Presidente do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio São José dos Dourados (CBH-SJD), **DECLARO** para os devidos fins, que cedo à pesquisadora Eliana Cristina Mariano Nogarini portadora do CPF nº 159.298.328-62, o acesso aos dados disponibilizados no Banco de Indicadores do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São José (CBH-SJD), para serem utilizados na pesquisa intitulada: **POTENCIAL DE EXPANSÃO E RESTRIÇÃO DA IRRIGAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS**, referente à sua dissertação de Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA, que está sob a orientação do Prof. Drº Fernando Braz Tangerino Hernandez.

Essa autorização permite que a pesquisadora e seu orientador utilizem os dados disponibilizados no Banco de Indicadores do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São José (CBH-SJD) na dissertação, permitindo que os dados também sejam divulgados em eventos e periódicos para fins acadêmicos e científicos.

Abril de 2017, Jales/SP.

Flávio Prandi Franco

Presidente do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio São José dos Dourados