



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

KALINE SOUSA SILVA

**DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO TAQUARUSSU GRANDE**

PALMAS – TO

2016/2

KALINE SOUSA SILVA

**DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO TAQUARUSSU GRANDE**

Trabalho elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), orientado pelo Professor Me. Carlos Spartacus da Silva Oliveira.

PALMAS – TO

2016/2

KALINE SOUSA SILVA

**DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO TAQUARUSSU GRANDE**

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).


Orientador: Prof. Me. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Aprovada em 07 de novembro 2016.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Carlos Spartacus da Silva Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas



Profa. Ma. Jacqueline Henrique
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Me. José Geraldo Delvaux Silva
Centro Universitário Luterano de Palmas

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre com palavras sinceras e com o coração repleto de amor e carinho me incentivam a alçar voos mais altos em busca da realização dos meus sonhos, que também se tornam seus.

AGRADECIMENTOS

Hoje e sempre os meus maiores agradecimento são a Deus, por ter me dado vida, saúde, sabedoria e entendimento para lutar pelos meus objetivos, e por nos momentos mais difíceis acalmar meu coração e minha mente com bom ânimo e esperança de dias melhores. Por tudo que sou e por tudo que tenho, eu te amarei, Senhor.

Especialmente aos meus pais, José de Aguiar e Célia Maria, pela confiança nas minhas escolhas, pelas palavras de força e por toda dedicação empenhada pelo bem do meu crescimento. Vocês são os maiores responsáveis por eu ter chegado até aqui e, principalmente, pela formação do meu caráter.

Às minhas irmãs Kamila, Maria Amélia e Mariangela, por me ajudarem a desenvolver um coração mais bondoso e humano, e por sempre acreditarem na minha capacidade quanto profissional.

Ao meu sobrinho José Daniel por despertar em mim aquilo que tenho de melhor.

Aos meus avós, Isaias, João e Geraldina, pela existência na minha vida, pelo amor e por todo carinho.

Aos meus amigos de perto e longe, com os quais vivi e vivo momentos de alegria e tristeza, e por quem torço pela felicidade.

Aos professores do curso de Engenharia Civil pela humildade na transmissão do conhecimento, e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação acadêmica, em especial ao Professor Carlos Spartacus pela orientação do Trabalho de Conclusão de Curso.

Os meus sinceros agradecimentos também a todas as pessoas que ao longo dos anos de graduação passaram pela minha vida, desde os funcionários do CEULP/ULBRA aos colegas de aula. Desejo muito sucesso a cada um.

“O coração do homem pode fazer planos, mas a resposta certa dos lábios vem do Senhor”.

[Provérbios 16:1]

RESUMO

O Brasil se destaca pela grande quantidade de água doce disponível no seu território, possuindo relevante parcela da disponibilidade hídrica mundial. Porém, devido às dimensões continentais do país, há grandes desigualdades regionais em termos de disponibilidade hídrica superficial, que aliadas a outros problemas geram conflitos que conduzem à escassez do recurso. Assim, o gerenciamento dos recursos hídricos se constitui em uma ferramenta que visa mitigar os conflitos resultantes do uso intensivo da água, bem como garantir que o recurso se mantenha com oferta adequada e preserve suas múltiplas funções. O conhecimento da disponibilidade hídrica de uma determinada região ou de uma bacia hidrográfica surge como uma questão técnica fundamental para o seu adequado gerenciamento, sendo que sua avaliação é essencial para definir se os recursos hídricos disponíveis suportam as demandas desejadas. Uma das funções hidrológicas mais utilizadas para avaliação da disponibilidade hídrica é a curva de permanência, que relaciona a probabilidade de que uma vazão seja maior ou igual durante o ano (ou período de série). O município de Palmas – Tocantins, apesar da quantidade de corpos hídricos disponíveis na sua área urbana, enfrenta problemas relacionados à escassez hídrica, a exemplo do Ribeirão Taquarussu Grande, que é o principal manancial do município. Considerando a importância da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande para o abastecimento público da cidade de Palmas - Tocantins, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar e avaliar a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, por meio do método da curva de permanência. Portanto, pela aplicação do método foi possível observar que a bacia indica ausência de armazenamentos significativos de água a montante da seção fluviométrica, apesar de registrar valores razoáveis de vazão. A vazão de referência Q_{90} , encontrada por meio da curva de permanência, foi de 59.616 m³/dia. Com base na demanda para o abastecimento da cidade de Palmas, a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica mostrou-se fortemente comprometida. Constatou-se, ainda, que a vigente conjuntura de captação de água não tem atendido aos critérios estabelecidos pelo Decreto n.º 2432/ 2005, que regulamenta a outorga do direito de uso de recursos hídricos no Estado do Tocantins.

Palavras-chave: Disponibilidade hídrica. Curva de permanência. Outorga de água. Palmas. Tocantins.

ABSTRACT

The Brazil stands out for the large amount of fresh water available in the territory, having a significant portion of the global water availability. However, due to the continental dimensions of the country, there are large regional disparities in terms of surface water availability, which combined with other problems generate conflicts that lead to the scarcity of the resource. Thus, the management of water resources constitutes a tool to mitigate the conflicts resulting from the intensive use of water and to ensure that the resource is maintained with adequate supply and preserve its multiple functions. Knowledge of water availability of a region or a watershed emerges as a key technical issue for its proper management, and evaluation is essential to determine whether the available water resources support the desired demands. One of the hydrological functions most commonly used to assess the water availability is the duration curve, which relates the probability that a rate greater than or equal during the year (or series of period). The city of Palmas - Tocantins, despite the amount of water bodies available in its urban area, facing problems related to water scarcity, such as the Ribeirão Taquarussu Grande, which is the main city of the source. Considering the importance of the watershed of Ribeirão Taquarussu Great for public supply of the city of Palmas - Tocantins, this study was conducted in order to determine and evaluate the water availability in the basin, through the duration curve method. Therefore, by applying the method was observed that the basin indicates no significant storage of water upstream of fluvimetric section, although register reasonable values flow. The flow Q_{90} reference found by the duration curve, was 59.616 m³/day. Based on the demand for the supply of the city of Palmas, the water availability in the basin was strongly committed. It was found also that the current water catchment situation has not met the criteria established by Decree n.º 2432/2005, which regulates the granting of the right of use of water resources in the State of Tocantins.

Keywords: Water availability. Retention curve. Water grant. Palmas. Tocantins.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande	25
Figura 2. Área da bacia do Ribeirão Taquarussu Grande, com destaque às sub-bacias do Taquarussu Grande e do Taquarussuzinho.....	26
Figura 3. Curva chave para o Ribeirão Taquarussu Grande.....	30
Figura 4. Curva chave para o Ribeirão Taquarussuzinho	30
Figura 5. Vazões médias mensais para o ano de 2013.....	34
Figura 6. Vazões médias mensais para o ano de 2014.....	34
Figura 7. Vazões médias mensais para o ano de 2015.....	35
Figura 8. Vazões médias mensais para o ano de 2016.....	35
Figura 9. Vazões médias mensais para o período de 2013 a 2016	36
Figura 10. Curva de permanência para a bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande	38
Figura 11. Barragem de nível da ETA 006	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Dados de vazão e cota para os Ribeirões Taquarussu Grande e Taquarussuzinho .	28
Quadro 2. Vazões médias mensais para os anos de 2013 a 2016.....	33
Quadro 3. Elementos para a construção da curva de permanência.....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 Bacia hidrográfica	15
3.2 Abastecimento de água.....	16
3.3 Demanda hídrica	18
3.4 Disponibilidade hídrica	19
3.5 Gestão de recursos hídricos	20
3.6 Outorga de direito de uso de recursos hídricos.....	21
3.7 Estimativa e avaliação da disponibilidade hídrica	22
4. METODOLOGIA	25
4.1 Área de estudo	25
4.2 Obtenção dos dados.....	28
4.3 Descrição do regime fluviométrico	31
4.4 Determinação da curva de permanência e da vazão Q_{90}	31
4.5 Avaliação da disponibilidade hídrica	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
5.1 Descrição do regime fluviométrico	33
5.2 Determinação da curva de permanência e da vazão Q_{90}	36
5.3 Avaliação da disponibilidade hídrica	39
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	44
6.1 Conclusões.....	44
6.2 Recomendações.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, apesar de se encontrar aproximadamente 12% da água doce disponível no planeta, existem grandes problemas relacionados à escassez hídrica, devido essa água não estar distribuída uniformemente por todas as regiões do país. Mesmo com os avanços ocorridos nas últimas décadas, um contingente significativo de populações urbanas ainda permanece sem acesso a serviços de água de qualidade, e outro contingente que é atendido por infraestrutura, mas sem a garantia de que efetivamente permaneça o acesso aos serviços durante todo o dia (CARMO *et al.*, 2013).

Além da má distribuição dos recursos hídricos no território brasileiro, outros fatores contribuem à potencialização da problemática, como a supressão vegetal, o lançamento de esgotos em rios e córregos, a expansão desordenada dos centros urbanos e a gestão inadequada dos ecossistemas aquáticos (CAMPANILI, 2003 apud BARROS; AMIM, 2008).

As condições dos mananciais têm sido agravadas pela variabilidade temporal e espacial da água, pela demanda mundial crescente e pelo avanço da poluição hídrica. Nos ambientes urbanos e rurais essa relação é ainda mais dependente, sendo que a demanda por água só tem aumentado nas últimas décadas (VESTENA *et al.*, 2012).

O cenário brasileiro leva à necessidade de reconhecer e lidar com a grande diversidade geoclimática, socioeconômica e de distribuição da população no território nacional, e com as consequências do intenso processo de urbanização ocorrido nas últimas décadas (BRASIL, 2010).

Assim, a gestão dos recursos hídricos, consolidada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, é uma necessidade premente que tem o objetivo de ajustar as demandas econômicas, sociais e ambientais por água em níveis sustentáveis, de modo a permitir, sem conflitos, a convivência de seus usos atuais e futuros (SOARES *et al.*, 2010).

Como subsídio à gestão, o conhecimento da disponibilidade hídrica de uma determinada região ou de uma bacia hidrográfica auxilia no planejamento ao uso dos recursos, sendo que sua avaliação tem como resultado a capacidade de exploração do manancial, de acordo com as demandas desejadas.

Dentre os métodos disponíveis para a determinação da disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica, cita-se o da curva de permanência, um dos mais utilizados no Brasil, de acordo com Reis (2007).

A curva de permanência corresponde à variação do diagrama de frequências relativas acumuladas, na qual a frequência de não superação é substituída pela porcentagem de um intervalo de tempo específico em que o valor da variável, indicado em abscissas, foi igualado ou superado, conforme Naghettini e Pinto (2007).

Segundo Chiesa (2016), a curva de permanência é uma das ferramentas para se determinar a disponibilidade hídrica em uma bacia hidrográfica, porém a mesma não se refere à probabilidade das vazões em qualquer ano, mas sim a uma “garantia” de ocorrência das vazões num horizonte de planejamento.

Quanto ao sistema hídrico do município de Palmas – Tocantins, do qual a área urbana está estabelecida à margem do lago da Usina Hidroelétrica Luiz Eduardo (UHE Lajeado), os cursos d’água que interceptam a cidade (região norte, sede e região sul) são: Córrego Água Fria, Córrego Sussuapara, Córrego Brejo Comprido, Córrego do Prata, Taquarussu Grande e Taquari. A região sul tem ainda os córregos Cipó e Pé do Morro, que drenam 02 bairros em direção ao Ribeirão Taquaruçuzinho (PALMAS, 2014).

Apesar da quantidade de corpos hídricos disponíveis na área urbana de Palmas, e de que a cidade é relativamente pequena e pouco populosa, os problemas relacionados à escassez hídrica já mostram seus sinais, sendo que principalmente no período de estiagem esses cursos d’água reduzem significativamente suas vazões, chegando em muitos casos a secarem.

O Ribeirão Taquarussu Grande é o principal manancial do município, visto ser responsável por abastecer cerca de 80% da população da cidade, e também já sofre grandes pressões, a exemplo do ocorrido neste ano de 2016, onde houve comprometimento da sua disponibilidade hídrica para abastecimento urbano de Palmas.

O Ribeirão nasce dentro da Área de Preservação Ambiental - APA Serra do Lajeado, tendo seu percurso natural dentro de chácaras e fazendas, na região sul de Palmas (PALMAS, 2014). A confluência do Ribeirão Taquarussu Grande e do Ribeirão Taquarussuzinho formam a bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, que possui uma área aproximada de 396,90 km², fazendo parte do sistema hidrográfico da bacia do Rio Tocantins.

Dessa forma, considerando a importância da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande para o abastecimento público da cidade de Palmas - Tocantins, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar e avaliar a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, por meio do método da curva de permanência.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

A elaboração deste estudo teve o objetivo de determinar e avaliar a disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, localizada no município de Palmas – Tocantins.

2.2 Objetivos específicos

- Descrever o regime fluviométrico da bacia hidrográfica;
- Determinar a curva de permanência e a vazão de referência Q_{90} ;
- Avaliar a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, relacionando-a com sua demanda para o abastecimento público da cidade de Palmas – Tocantins.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Bacia hidrográfica

Bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação da chuva, que converge os escoamentos para um único ponto de saída, denominado exutório. Uma bacia é composta por um conjunto de superfícies vertentes, constituídas pela superfície do solo e de uma rede de drenagem formada pelos cursos da água que confluem até chegar a um leito único no ponto de saída (FINKLER, 2014).

O conceito de bacia hidrográfica tem sido cada vez mais expandido e utilizado como unidade de gestão da paisagem na área de planejamento ambiental. Na perspectiva de um estudo hidrológico, o conceito de bacia envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes, e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002).

A quantidade de água dentro de uma bacia é diretamente proporcional às entradas de água e inversamente proporcional às saídas da mesma. As entradas de água são decorrentes, principalmente, da precipitação pluvial. Já pela ação da evaporação, infiltração profunda e vazão da rede de drenagem advêm a saída de água da unidade hidrográfica. Seguindo um raciocínio lógico, caso a saída for maior que a entrada, é possível haver uma diminuição do volume de água. Caso contrário, a tendência é que ocorra um aumento no nível da água de rios e lagos. Esse conceito é definido como balanço hídrico (BERNARDI et al., 2012).

Na bacia hidrográfica é que se desenvolvem as atividades humanas, sendo que todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma bacia. Pode-se dizer que no seu exutório estarão representados todos os processos que fazem parte do seu sistema. O que ali ocorre é consequência das formas de ocupação do território e da utilização das águas que para ali convergem (PORTO; PORTO, 2008).

Para o gerenciamento da água e da bacia hidrográfica, o planejamento de recursos hídricos constitui um instrumento fundamental, uma vez que pode induzir ou restringir o uso e ocupação do solo e a implantação de planos de desenvolvimento econômico em sua área de abrangência, pelo disciplinamento e controle do acesso e uso da água. Nesse sentido, gerenciar águas e bacias hidrográficas exige que se considerem diversos processos naturais e sociais interligados, com abordagem holística e sistêmica, visando compatibilizar o uso e

ocupação do solo nas bacias hidrográficas, com a garantia de disponibilidade de água para a sustentabilidade do desenvolvimento econômico, social e ambiental (LEAL, 2012).

O abastecimento humano, o saneamento, a produção de alimentos e a geração de energia representam a base para a implementação das políticas de gestão da água nas bacias hidrográficas, visto que tais categorias de análise interferem diretamente na disputa pelo uso da água. Assim, o estudo da disponibilidade e do uso da água em bacias hidrográficas concentra esforços no intuito de manter uma base mínima para o planejamento e implementação de políticas para a gestão de forma sustentável e integrada, buscando oferecer aos interessados uma visão genérica, exploratória, quantitativa e qualitativa do potencial dos recursos hídricos (ROCHA; VIANNA, 2012).

Dessa forma, a bacia hidrográfica constitui-se em uma unidade de planejamento e gestão, em que se devem considerar integralmente seus elementos bióticos e abióticos, e as relações estabelecidas entre eles, tanto internamente, quando em externalidades. A conjunção de fatores sociais, climáticos, políticos, hidrológicos, econômicos, pedológicos, culturais entre outros, e a compreensão das dinâmicas envolvidas nas relações estabelecidas e consideradas em seu conjunto, são fundamentais para o planejamento e a gestão de uma bacia (CARMO; SILVA, 2010).

3.2 Abastecimento de água

O termo “água”, de uma forma geral, refere-se ao elemento natural, desvinculado de qualquer uso ou utilização. Já a expressão “recurso hídrico” refere-se à água como bem econômico passível de utilização com tal fim, o que leva a concluir que nem toda a água da Terra é, necessariamente, um recurso hídrico, na medida em que seu uso ou utilização nem sempre tem viabilidade econômica (RIBEIRO, 2009).

Para a humanidade, a necessidade de água para abastecimento é indissociável de sua história. Essa demanda determinou a própria localização das comunidades, desde que o homem passou a viver de forma sedentária, adotando a agricultura como meio de subsistência e abandonando a vida nômade. A vida sedentária tornou então mais complexo o equacionamento das demandas de água, que passaram então a incluir o abastecimento de populações, e não mais de indivíduos ou famílias (HELLER; PÁDUA, 2006).

No Brasil, o intenso processo de mudança na dinâmica demográfica ao longo do Século XX, por meio da transição demográfica e da transição urbana, e na questão das características do consumo e dos diferentes aspectos que estão envolvidos no seu padrão e

crescimento, acarretou na crescente demanda por esse recurso essencial que é a água (CARMO *et al.*, 2013).

As águas utilizadas para abastecimento do consumo humano e de suas atividades socioeconômicas são captadas nos rios, represas e aquíferos subterrâneos. Pelo fato desses mananciais se encontrarem nos domínios terrestres – continentes e ilhas – são também referidos como “águas interiores”. Assim, a água doce constitui elemento essencial ao abastecimento do consumo humano e ao desenvolvimento de suas atividades industriais e agrícolas e é de importância vital aos ecossistemas das terras emersas (RIBEIRO, 2009).

De acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB (BRASIL, 2013a), os mananciais superficiais e subterrâneos são utilizados de forma intensa pelos sistemas de abastecimento de água. Segundo o Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água, do total de sedes municipais do Brasil, 47% são abastecidas exclusivamente por mananciais superficiais, 39% por águas subterrâneas e 14% pelos dois tipos de mananciais (BRASIL, 2010).

No Tocantins, a maior parte dos municípios é abastecida por poços tubulares, sendo que 84 municípios utilizam, exclusivamente, água subterrânea para abastecimento, 45 são abastecidos somente por manancial superficial e 10 de forma mista (BRASIL, 2010).

Apesar de sua essencialidade, a forma pela qual são utilizados e gerenciados os recursos hídricos tem acarretado degradação ambiental e risco iminente de escassez de água, que comprometem a qualidade de vida das populações. O entendimento do recurso natural "água" como um bem econômico e finito, deve fazer com que todos os atores a utilizem de forma a potencializar o bem-estar social, quer seja produzindo com a máxima eficiência, quer seja consumindo sem desperdícios (SHUBO, 2003).

Em seu estudo, Carmo *et al.* (2013) identificou que mesmo com o decréscimo significativo nas taxas de crescimento populacional em regiões do Brasil, o nível de consumo não apenas seguirá pressionando no sentido de aumentar a demanda por água, como também o fará de forma mais acentuada em certas regiões do país, incluindo algumas onde a escassez de água já representa um problema crônico, como é o caso do Nordeste. O desafio, a médio e longo prazo, será garantir que a redução da pobreza e o aumento da cobertura do sistema de abastecimento possam ser sustentados e ampliados, de modo a permitir que toda a população do país tenha acesso à água tratada, sem, entretanto, exaurir os mananciais existentes.

Deste modo, a garantia da oferta de água para todos os centros urbanos brasileiros deve ser prioritária, pois se trata do atendimento à necessidade básica da população, e considerada estratégica, tendo em vista as perspectivas de desenvolvimento do País (BRASIL,

2010). Um dos elementos fundamentais na gestão dos recursos hídricos é a relação entre a oferta e a demanda de água (ARAÚJO, 2012).

3.3 Demanda hídrica

A demanda por água está relacionada às necessidades humanas para os usos básicos de sustentação da vida, agricultura, indústria, pecuária e outros. O consumo é estabelecido pela demanda e disponibilidade hídrica, na qual se configura pela lei da oferta e da procura (ARAÚJO, 2012).

Ao longo do tempo, a demanda gerada pela água tem diminuído a disponibilidade per capita e sua qualidade vem deteriorando, criando conflitos pelo seu uso, uma vez que a água de qualidade inferior não pode ser utilizada livremente para o consumo, a produção ou para o lazer (BICUDO; TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2010).

Sabe-se que a demanda de água para o abastecimento humano surge tanto das atividades estritamente domésticas, quanto de quaisquer outras atividades praticamente inseparáveis destas, e que também exijam requisitos de quantidade e qualidade, além da garantia de abastecimento. As demandas de água no meio urbano são definidas com base na população e em índices de consumo por habitante (RIBEIRO, 2009).

Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014, no Brasil o consumo médio per capita de água necessária para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial é de 162,0 L/hab.dia, sendo que no Estado do Tocantins o valor é de 134,3 l/hab.dia (BRASIL, 2016).

Em 2010 verificou-se que, em comparação com 2006, houve aumento de cerca de 30% da vazão de retirada total de águas dos rios, passando de 1.842 m³/s para 2.373m³/s, principalmente devido à irrigação, que passou de 866m³/s para 1.270 m³/s (47% do total). Já a vazão de consumo passou de 986 m³/s para 1.161 m³/s, aumento de 18% (BRASIL, 2013b).

Estima-se que do ano 2005 ao ano 2025, as demandas médias para abastecimento da população urbana brasileira deverão ter um crescimento em torno de 28% (BRASIL, 2010).

No Tocantins, a avaliação oferta/demanda realizada apontou para a necessidade de adoção de novos mananciais em oito sedes urbanas, inclusive na capital Palmas, requerendo investimentos da ordem de R\$ 53,6 milhões. Em que pese à boa disponibilidade hídrica dos principais rios do Estado, em geral, as captações estão situadas em pequenos córregos, nem sempre com garantia suficiente para o abastecimento urbano (BRASIL, 2010).

A experiência tem demonstrado que, geralmente, os consumos per capita de água crescem com o tamanho da população e com o progresso da mesma ao longo do tempo. Um aspecto importante a ser considerado é, portanto, a estimativa das demandas futuras nesse uso, objetivando-se determinar o balanço hídrico para que sejam asseguradas, nas várias bacias hidrográficas, as vazões necessárias para atendimento ao consumo humano que, sob o ponto de vista legal, tem prioridade sobre os demais usos (RIBEIRO, 2009).

3.4 Disponibilidade hídrica

A disponibilidade hídrica configura-se como a quantidade de água disponível na natureza para ser captada e utilizada nas diversas atividades humanas, seja consumo, agricultura, pecuária, dentre outros (ARAÚJO, 2012).

O Brasil se destaca pela grande descarga de água doce dos rios em seu território, cuja vazão média anual é de 179 mil m³/s, o que corresponde a, aproximadamente, 12% da disponibilidade hídrica mundial. Porém, devido às dimensões continentais do país, há grandes disparidades regionais em termos de disponibilidade hídrica superficial, situação esta que se agrava pela elevada demanda em regiões de alta densidade demográfica (BICUDO; TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2010).

A disponibilidade hídrica total de águas superficiais do Brasil, computada pelas vazões com 95% de permanência, é da ordem de 91 mil m³/s, considerando o somatório dos escoamentos contribuintes até o exutório de todas as regiões hidrográficas brasileiras. Contudo, enquanto a região de maior escassez de água (Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental) apresenta disponibilidade hídrica inferior a 100 m³/s, na Região Hidrográfica Amazônica a disponibilidade hídrica é extremamente elevada, alcançando vazões da ordem de 74 mil m³/s, o que representa 81% da disponibilidade de recursos hídricos brasileiros, em 45% da extensão territorial do País (BRASIL, 2010).

A outra metade do País, portanto, é responsável por menos de 20% de todos os recursos hídricos superficiais disponíveis. Com efeito, considerando que boa parte da população está situada nas regiões litorâneas (45% da população urbana do País), as Regiões Hidrográficas do Atlântico, juntas, são responsáveis por apenas 3% da disponibilidade hídrica. A Região Hidrográfica do Paraná, que concentra 36% da população urbana do País, dispõe de apenas 6% dos recursos hídricos superficiais disponíveis (BRASIL, 2010).

Segundo Branco (2006), os problemas de disponibilidade hídrica no Brasil decorrem fundamentalmente da combinação do crescimento exagerado de demandas localizadas

(urbanas e às vezes pela irrigação) e da degradação da qualidade das águas. Torna-se, portanto, necessário estabelecer controle sobre estes usos.

A desigualdade brasileira em relação à disponibilidade dos recursos hídricos, aliada ainda ao desmatamento, ao lançamento de esgotos em rios e córregos, à expansão desordenada dos centros urbanos e à gestão inadequada dos ecossistemas aquáticos, gera problemas que conduzem à escassez do recurso. Além disso, há que se citar ainda que o desperdício é grande, pois 40% de toda água tratada é desperdiçada, onde, em média, o consumo brasileiro é de 200 litros/dia, enquanto a UNESCO admite que uma pessoa necessite de 40 litros/dia (CAMPANILI, 2003 apud BARROS; AMIM, 2008).

Pode-se dizer que falar em escassez em um planeta que tem 70% de sua superfície coberta por água pode parecer um contrassenso, mas pelo verificado, a tendência para os próximos anos é que ocorra um aumento ainda maior no consumo, devido à demanda e ao crescimento populacional acentuado e desordenado, principalmente nos grandes centros urbanos (BARROS; AMIM, 2008).

Diante do cenário, o gerenciamento dos recursos hídricos visa mitigar conflitos resultantes do uso intensivo da água, ocasionado em decorrência do crescimento econômico e populacional, bem como garantir que a água, recurso natural, finito e insubstituível à vida, se mantenha com oferta adequada e preserve suas múltiplas funções (COELHO FILHO *et al.*, 2015).

3.5 Gestão de recursos hídricos

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída por meio da Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, foi idealizada visando consolidar a gestão de recursos hídricos no país, de forma a assegurar às gerações atuais e futuras a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas (GUEDES, 2014).

Dentre os fundamentos da supracitada Política, tem-se que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

Os recursos hídricos devem ser utilizados de forma integrada e racional, possibilitando um desenvolvimento sustentável sócio-econômico-ambiental. Esta gestão que visa o

desenvolvimento deve priorizar ações de proteção contra usos que possam comprometer os recursos hídricos no presente e no futuro. Também, deve sempre compatibilizar o gerenciamento dos recursos hídricos com o desenvolvimento regional e com a devida proteção do meio ambiente, havendo promoção e maximização dos benefícios econômicos e sociais resultantes do aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (GOULART JÚNIOR; CARDOSO NETO; FRANK, 2010).

No Brasil, há dois desafios marcantes a serem enfrentados no campo dos recursos hídricos: o primeiro refere-se à escassez de água em algumas regiões, principalmente na região Nordeste, e a outra se refere à degradação da qualidade das águas (PEIXINHO, 2010).

Um dos instrumentos para se atingir os objetivos propostos nas políticas de recursos hídricos são os planos de recursos hídricos, que contemplam, dentre outros itens, o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e o balanço entre disponibilidades e demandas futuras, com a identificação de conflitos potenciais (CASTIGLINONI, 2013).

Dessa forma, o conhecimento da disponibilidade hídrica de uma determinada região ou de uma bacia hidrográfica surge como uma questão técnica fundamental para o seu adequado gerenciamento. Sua avaliação é essencial para definir se os recursos hídricos disponíveis suportam as demandas desejadas, sejam elas pontuais ou objeto de políticas públicas (BRANCO, 2006).

3.6 Outorga de direito de uso de recursos hídricos

A outorga é o instrumento da Política de Recursos Hídricos que tem o objetivo de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água, garantindo ao usuário outorgado o direito de acesso à água, uma vez que regulariza o seu uso em uma bacia hidrográfica (ANA, 2011).

O instrumento de outorga de direito de uso de recursos hídricos busca uma adequada administração da oferta das águas, visando evitar concessões e autorizações incompatíveis com a disponibilidade hídrica existente, estabelecendo a vazão de referência (SILVA NETO, 2011).

A efetivação das outorgas deve ocorrer por meio de ato da autoridade competente do Poder Executivo Federal, dos Estados ou do Distrito Federal, em função da dominialidade das águas. Quanto às águas de domínio da União, a competência para emissão das outorgas pode ser delegada aos Estados e ao Distrito Federal (ANA, 2007).

No Estado do Tocantins a outorga foi instituída pela Lei Estadual nº 1.307, de 22 de março de 2002 - Política Estadual de Recursos Hídricos, e regulamentada pelo Decreto Estadual nº 2.432, de 06 de junho de 2005, o qual determinou que a gestão e a fiscalização dos recursos hídricos devem ser executadas pelo Instituto Natureza do Tocantins - Naturatins.

O supramencionado Decreto Estadual estabelece os usos que dependem e independem de outorga, os critérios para a emissão de outorga de águas superficiais e subterrâneas, as restrições para o lançamento de efluentes, as obrigações do outorgado, os procedimentos para a suspensão e revogação e os prazos de vigência do ato administrativo.

No artigo 6º foi estabelecido que a vazão de referência adotada no Estado é a Q_{90} , sendo permitido outorgar até 75% da vazão de referência de um manancial. No artigo 7º é determinado que “Nenhum usuário, individualmente, receberá autorização acima de 25% da vazão de referência, de um dado manancial, quando a captação for a fio d’água”. Para os casos de barramento, a vazão de descarga mínima a ser mantida escoando para a jusante corresponde a 25% da Q_{90} para captação a fio d’água. No entanto, com o advento dos planos de bacia, esses valores de referência podem ser modificados, levando em consideração as características e a necessidade de uso de cada bacia hidrográfica.

3.7 Estimativa e avaliação da disponibilidade hídrica

A disponibilidade hídrica representa a parcela dos recursos hídricos que pode ser aplicada em diversas atividades de consumo, geralmente associada aos indicadores de valores mínimos. De fato, considerando-se a variabilidade dos estoques de água na natureza, ora com ocorrências em excesso, ora em regimes de escassez, deve-se realizar a análise da disponibilidade com a demanda, simulando cenários conservadores em termos de produção de vazão na bacia hidrográfica, de forma a assegurar um atendimento pleno em todo o período de utilização desse recurso (COELHO FILHO *et al.*, 2015).

A determinação da vazão residual passa por avaliações bastante complexas de elementos que são afetados pela variação do regime hidrológico, os quais alteram o comportamento hidráulico do rio e que por sua vez influenciam toda a vida biológica do curso d’água. Esse é o elemento chave para o gerenciamento de recursos hídricos, por meio do qual se deve promover o desenvolvimento econômico de forma sustentável, ou seja, preservando o meio ambiente nos cursos d’água (REIS, 2007).

O Brasil, em comparação com países da Europa, África do sul, Oceania, Nova Zelândia e América do Norte, encontra-se em um patamar bastante inferior no que tange à

definição de métodos de determinação de vazões ecológicas. As técnicas utilizadas resumem-se basicamente aos métodos hidrológicos, sendo mais específico o método da vazão $Q_{7,10}$, adotando-se como vazão ecológica uma fração deste valor referencial, e o método da curva de permanência, no qual a vazão ecológica é uma fração da Q_{90} ou Q_{95} (REIS, 2007).

Para Cruz e Tucci (2008), a escolha da variável ou função hidrológica que caracteriza a disponibilidade hídrica é questionável devido à capacidade de representatividade dos processos físicos e ambientais. As funções hidrológicas tradicionais são: o hidrograma que representa a vazão no tempo, mas não indica a probabilidade de sua ocorrência, apenas é descritivo do comportamento; a curva de permanência, que representa uma forma de expressão da frequência de ocorrência das vazões do rio, mas tem como limitação a falta de representatividade da sequência temporal; a curva de probabilidade de vazões médias e mínimas, que trabalham com valores médios os quais não retratam a variância dos valores, e a mínima, que trata de extremos e não a variação durante os períodos de estiagens.

Os métodos hidrológicos não analisam o aspecto ambiental, apenas presumem que a manutenção de uma vazão de referência, calculada com base em alguma estatística da série histórica, possa acarretar em benefício ao ecossistema. A principal vantagem destes métodos está na pequena quantidade de informações necessárias para sua implementação, em geral apenas a série histórica de vazões (COLLISCHONN *et al.*, 2005 apud PAULO, 2007).

Segundo Ribeiro (2009), as funções hidrológicas mais utilizadas para avaliação da disponibilidade hídrica são a curva de permanência e a curva de regularização, sendo que a primeira relaciona a probabilidade de que uma vazão seja maior ou igual durante o ano (ou período de série), e a última relaciona vazão, volume necessário para regularizar a referida vazão e o nível de probabilidade da relação.

Quanto à curva de permanência, tem-se que esta é o complemento da função de distribuição de vazões diárias, mensais, anuais, ou de qualquer outro intervalo de tempo, que representa de modo gráfico a relação entre a magnitude e frequência com que essas vazões são igualadas ou superadas em um dado período de tempo. Fornece uma simples, porém concisa visão gráfica do comportamento hidrológico de uma bacia, quanto à variabilidade das vazões ao longo do tempo, sendo que o principal interesse na sua utilização se concentra no ramo inferior da curva (PINTO, 2006).

O método utiliza valores da curva para estabelecer vazões ecológicas em uma base diária, mensal ou anual. Assim, a curva de permanência é calculada através de dados históricos de vazões, os quais são ordenados de forma decrescente. Como resultado, tem-se,

por exemplo, que a vazão de 75% da curva de permanência significa que em 75% do tempo as vazões são maiores ou iguais ao valor de Q_{75} (PAULO, 2007).

Segundo Rodriguez (2008), o ramo inferior da curva de permanência representa o regime de vazões em que um curso d'água é extremamente dependente do escoamento de base, ou seja, dependente da contribuição da recarga dos aquíferos, sendo que a quantidade e a duração do escoamento de base são dependentes da quantidade de precipitação e das características físicas da região.

Em seu estudo para a estimativa da disponibilidade hídrica superficial na bacia hidrográfica do rio Meia Ponte – GO pelos métodos da $Q_{7,10}$ e da curva de permanência, Coelho Filho *et al.* (2015) pode concluir que a vazão $Q_{7,10}$ é mais restritiva em relação às obtidas pela curva de permanência, sendo que correspondeu a 39,7% da Q_{90} .

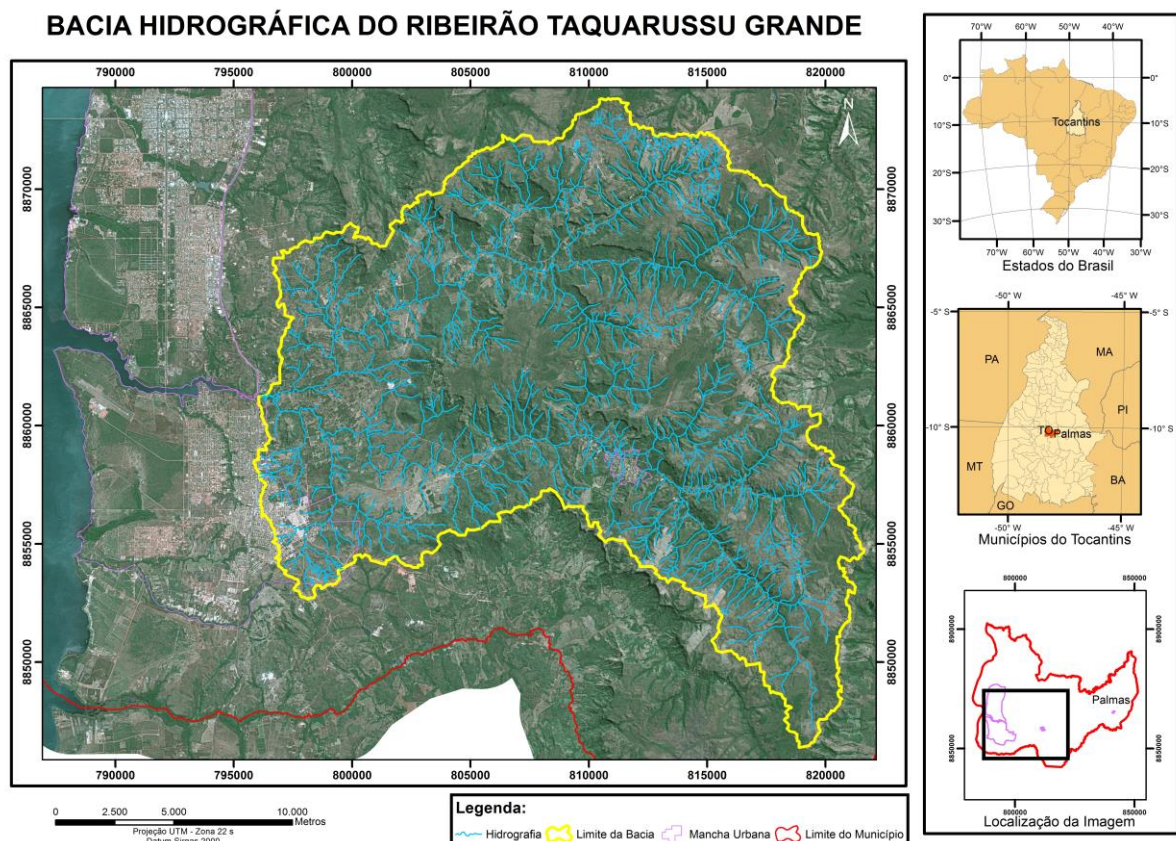
4. METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande está localizada na parte centro sul do município de Palmas, estado do Tocantins, conforme ilustrado na Figura 1. Suas nascentes têm origem na Serra do Lajeado, integrando o sistema hidrográfico da bacia do Rio Tocantins.

Localiza-se predominantemente em área rural, com pequena parte localizada em área urbana na região oeste da bacia, que abrange parte do Plano Diretor de Palmas, os bairros Aurenys, Taquaralto e o distrito de Taquaruçu (CARMO et al., 2015).

Figura 1. Bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande

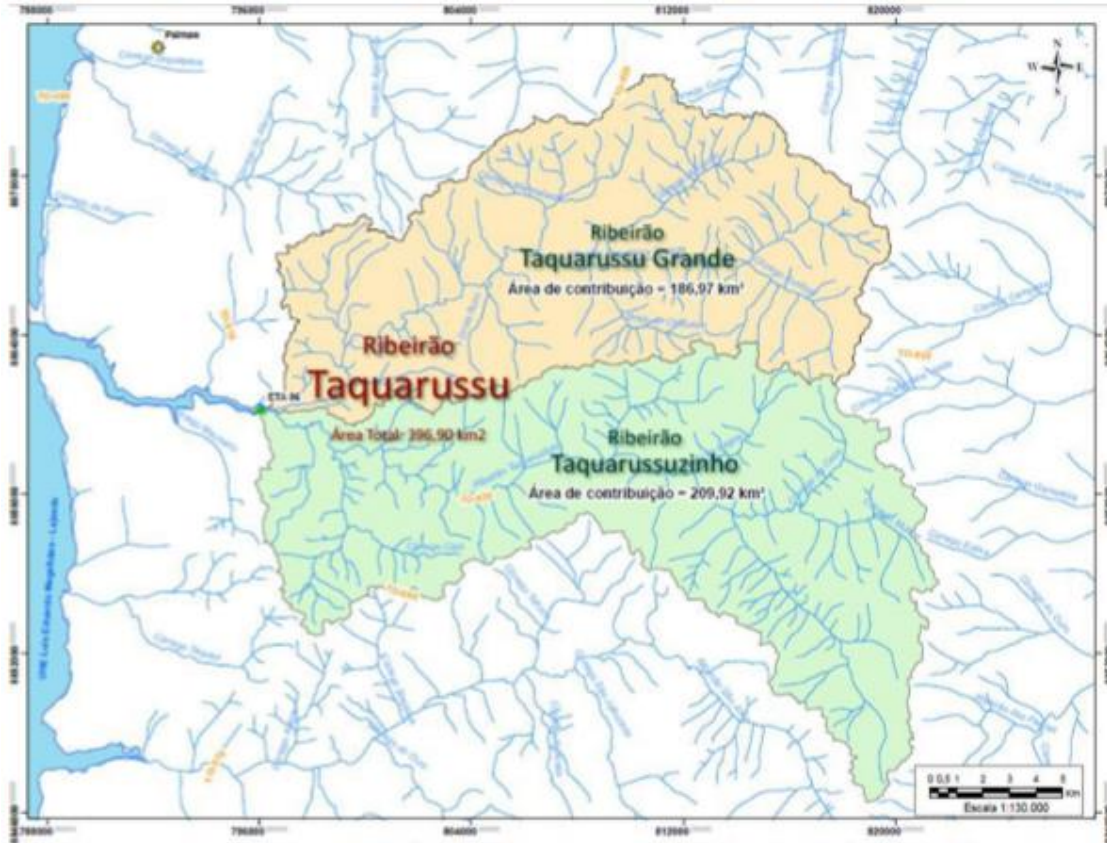


Fonte: elaborado pela autora

A bacia do Ribeirão Taquarussu Grande possui uma área aproximada de 396,90 km², e é formada pela confluência do Ribeirão Taquarussu Grande e Ribeirão Taquarussuzinho,

representando as sub-bacias do Taquarussu Grande e Taquarussuzinho, respectivamente, como pode ser visualizado na Figura 2 (SANEATINS, 2014).

Figura 2. Área da bacia do Ribeirão Taquarussu Grande, com destaque às sub-bacias do Taquarussu Grande e do Taquarussuzinho



Fonte: Relatório do Protocolo de Avaliação Visual de Rios – SVAP (SANEATINS, 2014)

Da área total de 396,90 km², a sub-bacia do ribeirão Taquarussu Grande ocupa 186,97 km² e a do Taquarussuzinho ocupa os restantes 209,92 km². Nota-se com isto que o sufixo ‘Grande’, atribuído ao afluente mais a norte da bacia, deve refletir a vazão do ribeirão e não o tamanho de sua sub-bacia, que é menor que a do Taquarussuzinho (SANEATINS, 2012).

Em função da influência do reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (UHE de Lajeado), que inundou a região da foz do ribeirão, nos estudos elaborados pela concessionária de saneamento, a bacia do Ribeirão Taquarussu refere-se à área de drenagem a montante da Estação de Tratamento de Água - ETA 006, ou seja, o exutório da bacia localiza-se na referida ETA (SANEATINS, 2012).

O leito do Ribeirão Taquarussu tem origem na Serra do Lajeado da formação Pimenteiras e corta a mesma até alcançar o embasamento granítico do complexo Goiano, onde transiciona para um leito meandrítico encaixado em depósitos aluvionais. A porção

médio-baixa da bacia é constituída de depósitos aluvionais pouco compactados com extratos intercalados de depósitos de argila, silte e areia. Os extratos de areia tem granulometria grossa e são mal classificados, típicos de ambientes lóticos (SANEATINS, 2014).

Sobre o relevo, a bacia é composta de um platô com cotas variando entre 600 e 660m, com pontos máximos de elevação a 712m. A parte da planície tem cotas predominantes variando entre 280 e 310m, sendo que o ponto mais baixo, identificado próximo à ETA 006, tem cota de 212m. Com isto, a variação total de altitude entre o ponto mais alto e o mais baixo da bacia fica em torno de 500m (SANEATINS, 2012).

No levantamento pedológico realizado pela SEPLAN (2012), identificou-se que cerca de 60% da área da bacia é coberta por solos concrecionários, 10% contém solos litólicos e os 30% restantes são representados por latossolos.

As áreas com maior potencial de sofrerem erosão ocorrem nas maiores declividades da bacia, mas toda a região do platô, onde predominam altitudes de mais 600m, são áreas com forte potencial, podendo ser caracterizada como uma área doadora de sedimentos. As áreas com forte potencial de erosão são predominantes, perfazendo quase 57% da área da bacia, seguida das áreas com potencial fraco a muito fraco, com quase 19% (SEPLAN, 2012).

O clima predominante na bacia é o tropical com estação seca e temperatura média anual de 26°C (Aw, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger). A média das temperaturas máximas é 36°C e ocorre em setembro, enquanto a mínima é 22°C e ocorre em julho. A distribuição sazonal das precipitações está bem caracterizada com dois períodos bem definidos: na estação chuvosa, de outubro a abril, a temperatura média varia entre 22°C a 28°C, com ventos fracos e moderados. Na estação seca, de maio a setembro, a temperatura média varia entre 27°C a 32°C, com temperatura máxima de 41°C. No mês com maior precipitação, janeiro, chove em média 241mm; enquanto o mês mais seco, julho, precipita em média apenas 5mm (PALMAS, 2014).

Acerca dos principais usos e cobertura do solo na área de estudo, aproximadamente 40% da bacia ainda é ocupada por Cerrado Sentido Restrito, 34,1% por agropecuária e 15,6% por Cerradão (FAPTO, 2015).

Dentre os usos de água predominantes, destacam-se os usos para a pecuária e agricultura, ambas de subsistência. No entanto, a maior demanda é para o abastecimento público da Cidade de Palmas e do Distrito de Taquaruçu, onde as captações são realizadas na Ribeirão Taquarussuu Grande e no Córrego da Roncadeira (CARMO et al., 2015).

4.2 Obtenção dos dados

Os dados necessários à elaboração do estudo foram solicitados, via Ofício, à concessionária responsável pelos serviços de saneamento de Palmas, a Companhia de Saneamento do Tocantins - Saneatins/Odebrecht Ambiental, a qual opera e monitora estações hidrométricas localizadas na bacia do Ribeirão Taquarussu Grande, especificamente no Ribeirão Taquarussu Grande sob as coordenadas UTM 8861193 m N e 797969 m E, e no Ribeirão Taquarussuzinho sob as coordenadas UTM 8860722 m N e 797023 m E.

Os dados disponibilizados referem-se às medições diretas e indiretas de vazões dos respectivos Ribeirões para os anos de 2013 a 2016.

Para as medições diretas têm-se dados de vazão e cota para um dia de cada mês, entre dezembro de 2013 a agosto de 2016, para ambos os Ribeirões. Para as medições indiretas de vazão têm-se duas cotas diárias dos cursos d'água, aferidas no início da manhã, por volta das 07 horas, e no final da tarde, por volta das 17 horas, para o período de março de 2013 a julho de 2016.

Com os dados diretos de vazão e cota para um dia de cada mês, selecionou-se o período entre junho de 2014 e agosto de 2016, que não apresentava ausência de registros, conforme o Quadro 1.

Quadro 1. Dados de vazão e cota para os Ribeirões Taquarussu Grande e Taquarussuzinho

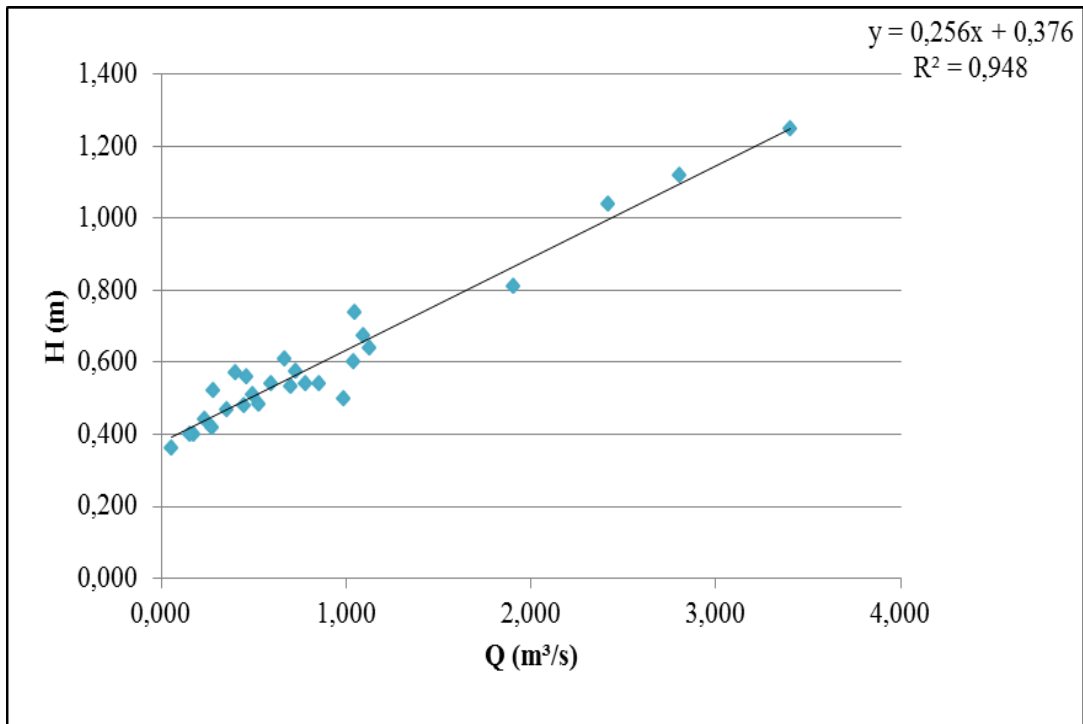
Ribeirão Taquarussu Grande			Ribeirão Taquarussuzinho		
Mês/Ano	Vazão (m ³ /s)	Cota (m)	Mês/Ano	Vazão (m ³ /s)	Cota (m)
jun/14	2,418	1,040	jun/14	1,994	0,660
jul/14	1,048	0,740	jul/14	0,905	0,270
ago/14	0,597	0,540	ago/14	0,423	0,245
set/14	0,451	0,480	set/14	0,281	0,180
out/14	0,530	0,485	out/14	0,284	0,190
nov/14	0,702	0,535	nov/14	0,430	0,240
dez/14	1,095	0,675	dez/14	0,839	0,360
jan/15	1,039	0,600	jan/15	0,866	0,360
fev/15	1,130	0,640	fev/15	0,949	0,250
mar/15	2,806	1,120	mar/15	1,828	0,440

Ribeirão Taquarussu Grande			Ribeirão Taquarussuzinho		
Mês/Ano	Vazão (m ³ /s)	Cota (m)	Mês/Ano	Vazão (m ³ /s)	Cota (m)
abr/15	1,905	0,810	abr/15	1,664	0,550
mai/15	3,405	1,250	mai/15	3,244	0,850
jun/15	0,991	0,500	jun/15	0,832	0,500
jul/15	0,402	0,570	jul/15	0,246	0,400
ago/15	0,282	0,520	ago/15	0,106	0,270
set/15	0,239	0,440	set/15	0,104	0,210
out/15	0,358	0,470	out/15	0,166	0,220
nov/15	0,492	0,510	nov/15	1,479	0,490
dez/15	0,670	0,610	dez/15	1,391	0,460
jan/16	0,726	0,575	jan/16	1,128	0,370
fev/16	0,782	0,540	fev/16	0,866	0,280
mar/16	0,854	0,540	mar/16	1,169	0,370
abr/16	0,461	0,560	abr/16	0,449	0,290
mai/16	0,275	0,420	mai/16	0,201	0,160
jun/16	0,179	0,400	jun/16	0,105	0,200
jul/16	0,154	0,400	jul/16	0,085	0,100
ago/16	0,057	0,360	ago/16	0,014	0,000

Com o respectivo período de tempo, foram elaboradas curvas chaves para os Ribeirões Taquarussu Grande e Taquarussuzinho, onde no eixo das ordenadas foram dispostas as cotas em metros (m) e no eixo das abscissas as vazões em metros cúbicos por segundo (m³/s).

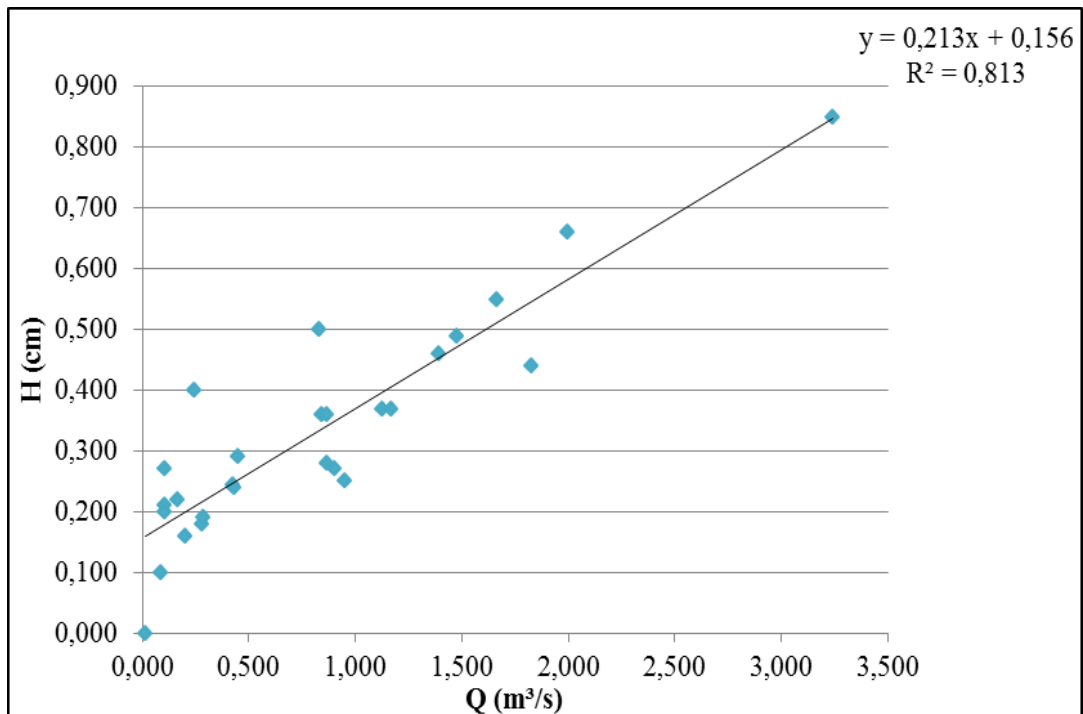
A partir dos gráficos de dispersão construídos, adicionaram-se linhas de tendência, para as quais o modelo de regressão linear resultou em maiores coeficientes de correlação entre as variáveis, respectivamente 0,948 e 0,813 para o Ribeirão Taquarussu Grande e Ribeirão Taquarussuzinho, conforme pode ser observado na Figura 3 e na Figura 4.

Figura 3. Curva chave para o Ribeirão Taquarussu Grande



Fonte: elaborado pela autora

Figura 4. Curva chave para o Ribeirão Taquarussuzinho



Fonte: elaborado pela autora

Nas equações lineares ajustadas $y = 0,256x + 0,376$ e $y = 0,213x + 0,156$, “y” representa a vazão e “x” representa a cota, isto é, a vazão pode ser obtida em função da cota medida. Assim, por meio das curvas chaves dos cursos de água, foi possível transformar as cotas medidas diariamente em vazão para o período entre 16 de março de 2013 a 31 de julho de 2016, resultando nos dados almejados para a elaboração do estudo.

4.3 Descrição do regime fluviométrico

A descrição do regime fluviométrico na bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande foi realizada mediante a manipulação dos dados de vazão referentes aos anos de 2013 a 2016, disponibilizados pela Companhia de Saneamento do Tocantins - Saneatins/Odebrecht Ambiental.

No entanto, menciona-se que apenas os anos de 2014 e 2015 possuem a série de dados completa, sendo que para o ano de 2013 têm-se os dados referentes aos meses de março a dezembro, e para o ano de 2016 têm-se os dados referentes aos meses de janeiro a julho.

Com os dados diários de vazão, obtidos a partir da aplicação das cotas diárias nas curvas chaves dos Ribeirões Taquarussu Grande e Taquarussuzinho, a vazão total na bacia hidrográfica foi resultado da soma das vazões para os dois Ribeirões, considerando o exutório localizado na ETA 006.

Assim, foi possível descrever o regime fluviométrico na bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, por meio da construção de gráficos ilustrativos do comportamento das vazões médias ao longo do tempo na bacia, sendo possível verificar os valores dessa variável durante os períodos de chuva e de estiagem.

4.4 Determinação da curva de permanência e da vazão Q_{90}

Para a elaboração da curva de permanência foram utilizados os dados diários de vazão para o período de 16 de março de 2013 a 31 de julho de 2016, obtidos a partir da aplicação das cotas diárias nas curvas chaves dos Ribeirões Taquarussu Grande e Taquarussuzinho.

Com os resultados obtidos para os dois cursos d'água, a vazão total da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, considerando o exutório localizado na ETA 006, foi resultado da soma das vazões para os dois Ribeirões.

No total, utilizaram-se 1234 dados de vazão, referentes ao período de 16 de março de 2013 a 31 de julho de 2016, onde a vazão máxima observada foi de 3,70 m³/s e a vazão mínima de 0,64 m³/s.

As etapas para o desenvolvimento da curva foram as seguintes, de acordo com Naghettini e Pinto (2007):

1. Ordenamento das vazões Q em ordem decrescente, em intervalos de classe;
2. Atribuição às classes ordenadas do número de observações de vazões pertencentes ao respectivo intervalo;
3. Contagem numérica e em porcentagem das observações acumuladas para os intervalos de classes;
4. Lançamento, em gráfico, das vazões ordenadas e suas respectivas porcentagens de serem igualadas ou superadas no intervalo de tempo considerado.

A vazão Q_{90} na curva de permanência corresponde à vazão que em 90% do tempo foi maior ou igual ao valor de Q_{90} .

4.5 Avaliação da disponibilidade hídrica

A avaliação da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande foi realizada mediante os resultados obtidos pela curva de permanência, especificamente pela vazão de referência Q_{90} , utilizada como base para a concessão de outorga de direito de uso de recursos hídricos no Estado do Tocantins.

Obtida a vazão de referência para a bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, por interpretação dos seus resultados avaliou-se a disponibilidade hídrica da bacia, relacionando a disponibilidade encontrada à demanda do recurso hídrico para o abastecimento da cidade de Palmas – Tocantins.

Para a avaliação considerou-se o estabelecido pelo Decreto n.º 2432, de 6 de junho de 2005 (TOCANTINS, 2005), que regulamenta a outorga do direito de uso de recursos hídricos de que dispõe os artigos 8, 9 e 10 da Lei 1.307, de 22 de março de 2002.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Descrição do regime fluviométrico

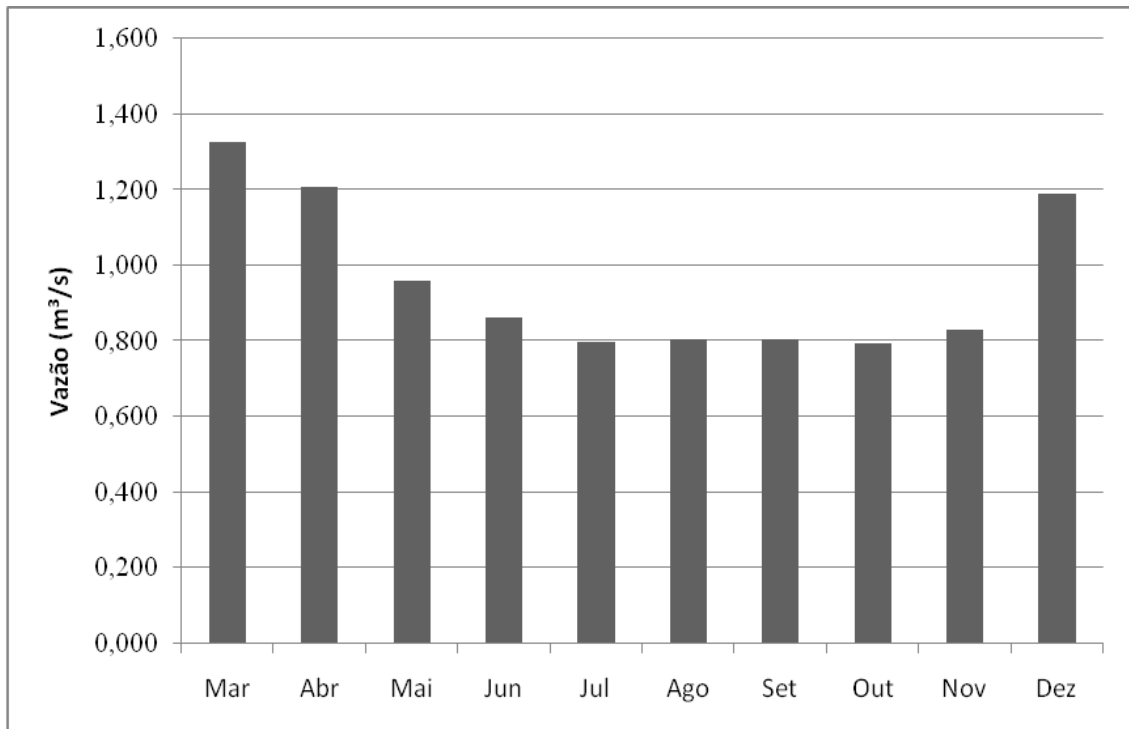
O Quadro 2 apresenta os dados de vazão referentes aos meses de março a dezembro do ano de 2013, aos meses dos anos de 2014 e 2015, que possuem a série de dados completa, os dados referentes aos meses de janeiro a julho do ano de 2016, e na última coluna a vazão média para cada mês.

Quadro 2. Vazões médias mensais para os anos de 2013 a 2016

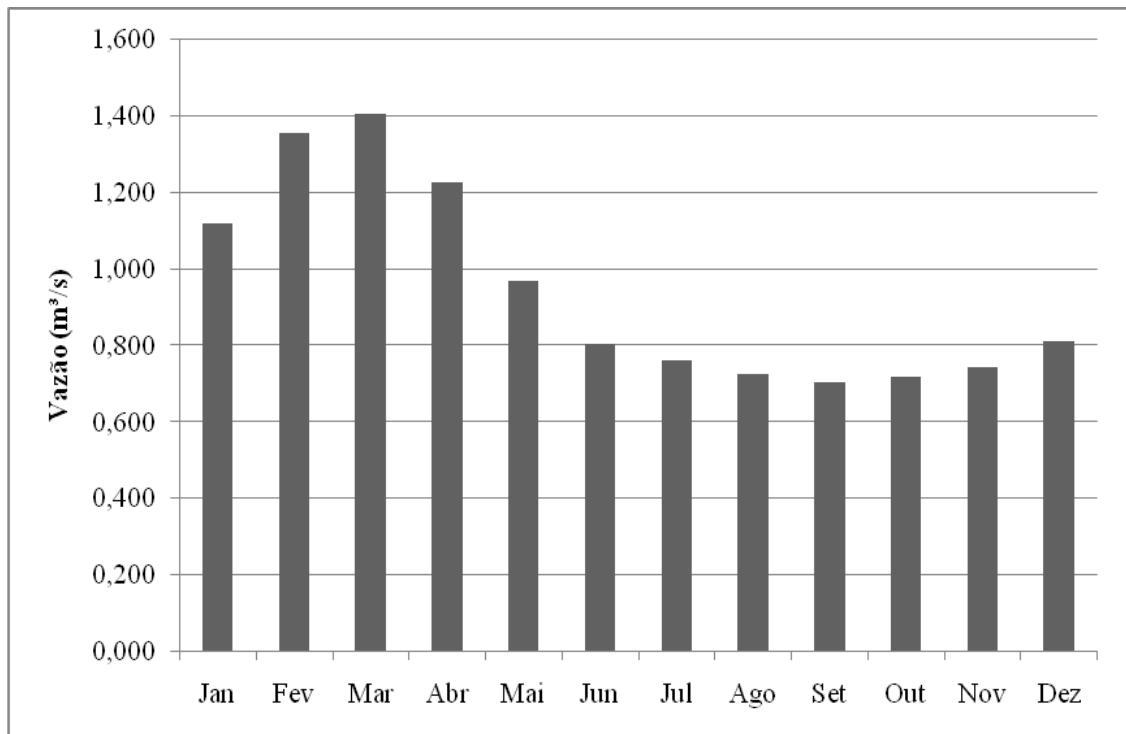
Mês	Q ₂₀₁₃ (m ³ /s)	Q ₂₀₁₄ (m ³ /s)	Q ₂₀₁₅ (m ³ /S)	Q ₂₀₁₆ (m ³ /s)	Q _{média} (m ³ /s)
Jan	-	1,119	0,802	1,023	0,981
Fev	-	1,356	0,854	0,802	1,004
Mar	1,326	1,408	0,901	0,787	1,106
Abr	1,207	1,229	0,904	0,723	1,016
Mai	0,961	0,968	0,928	0,685	0,885
Jun	0,863	0,806	0,792	0,668	0,782
Jul	0,797	0,763	0,773	0,651	0,746
Ago	0,806	0,724	0,726	-	0,752
Set	0,803	0,702	0,693	-	0,733
Out	0,795	0,717	0,705	-	0,739
Nov	0,828	0,743	0,736	-	0,769
Dez	1,191	0,812	0,753	-	0,918

Pela Figura 5 a Figura 8 é possível observar que o comportamento fluviométrico na bacia se mostrou relativamente similar nos anos analisados, onde os meses de outubro a abril apresentaram as maiores vazões, período este referente à estação chuvoso da região, o verão.

Já as menores vazões, registradas entre os meses de maio a novembro, caracterizam o inverno seco na bacia hidrográfica.

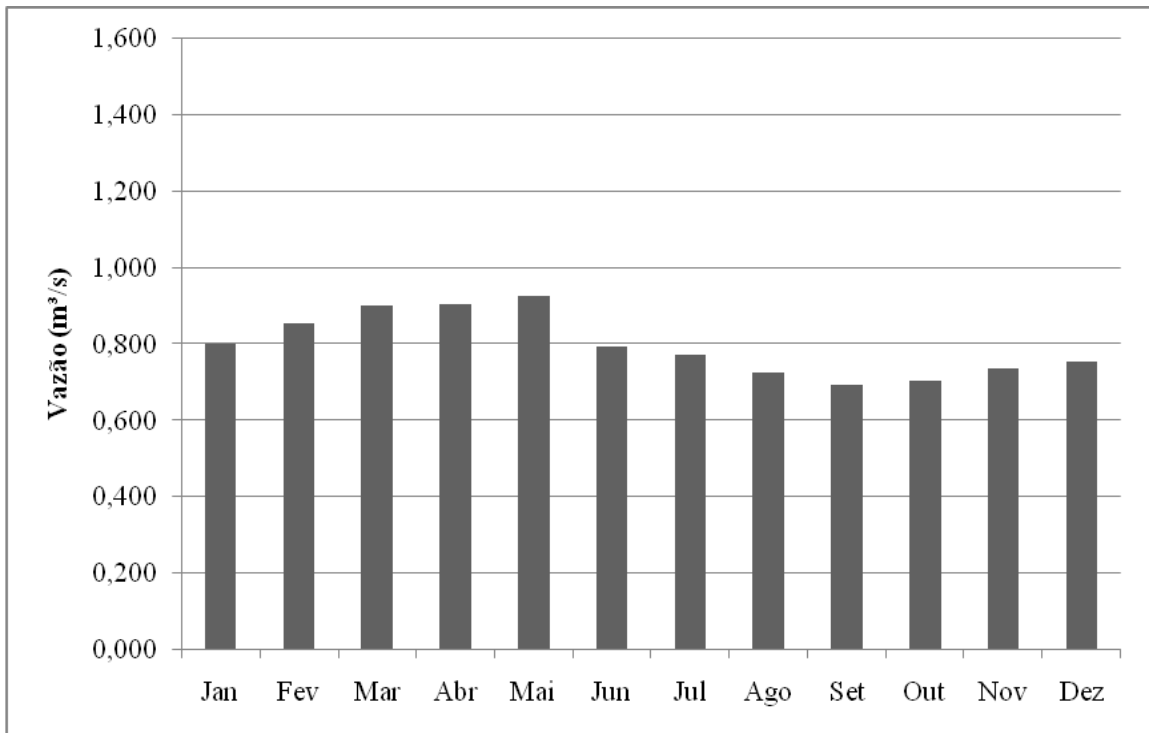
Figura 5. Vazões médias mensais para o ano de 2013

Fonte: elaborado pela autora

Figura 6. Vazões médias mensais para o ano de 2014

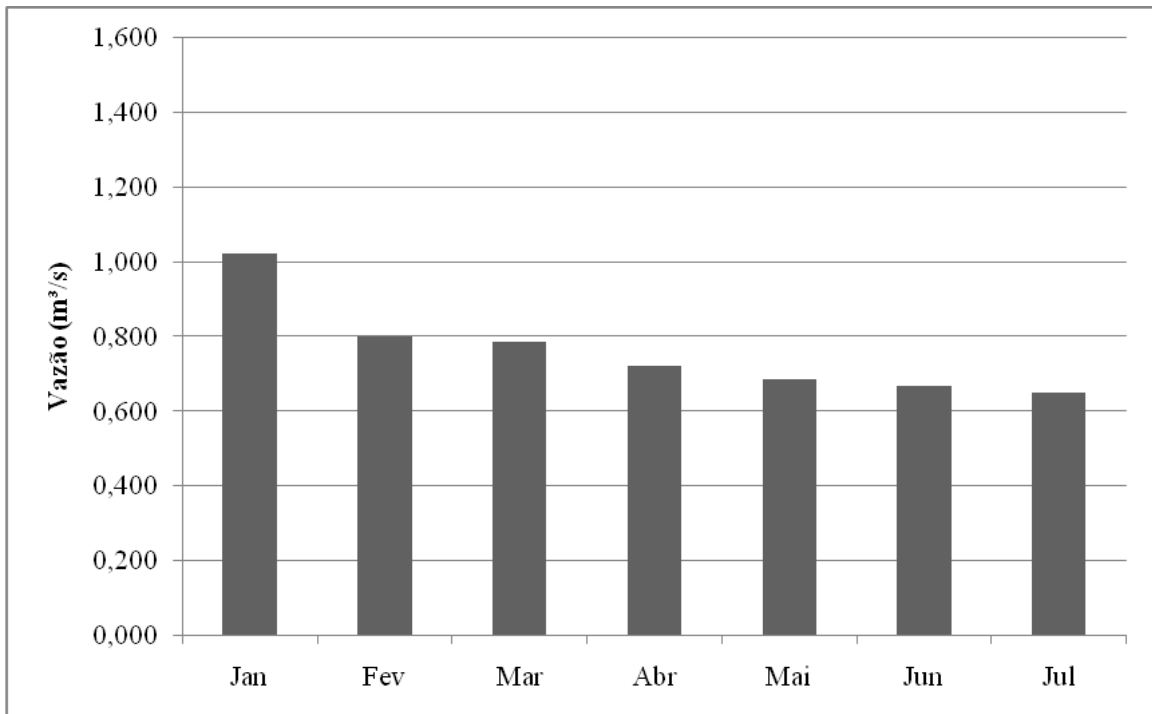
Fonte: elaborado pela autora

Figura 7. Vazões médias mensais para o ano de 2015



Fonte: elaborado pela autora

Figura 8. Vazões médias mensais para o ano de 2016

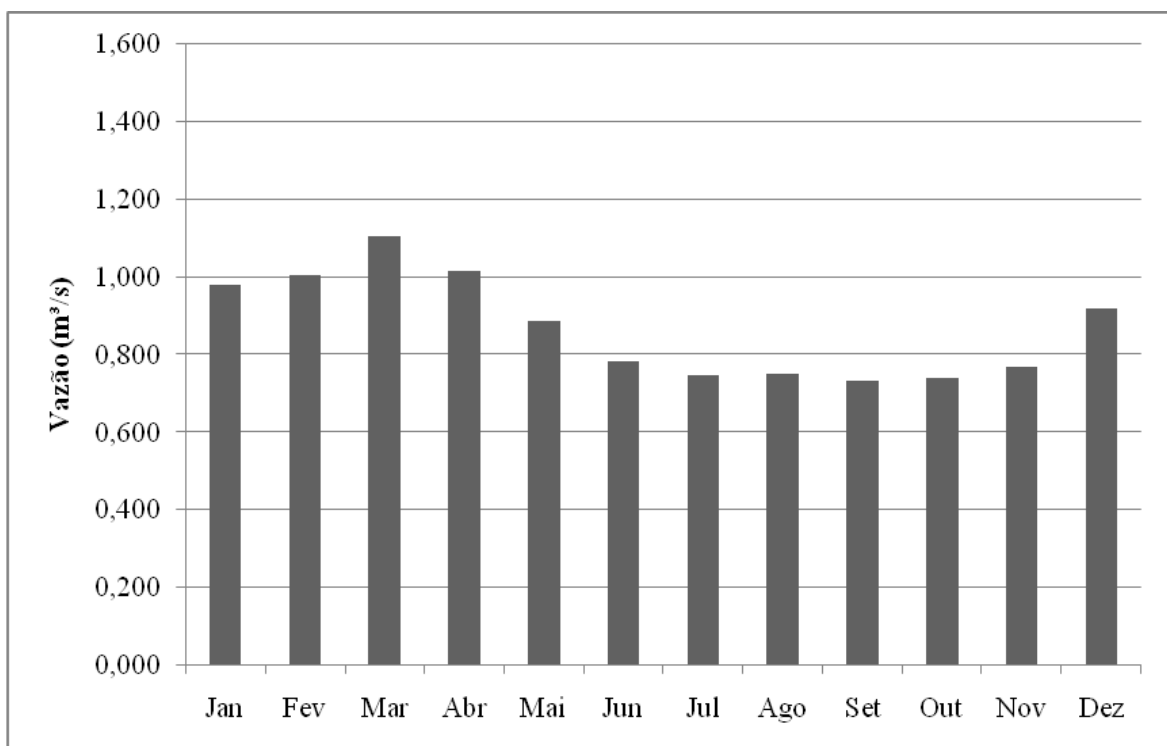


Fonte: elaborado pela autora

A Figura 9 ilustra a sazonalidade marcante entre o período de inverno, menos chuvoso, e o verão, mais chuvoso, o que reflete nas vazões registradas. Ainda, verifica-se que a vazão média de longo termo é da ordem de $0,869 \text{ m}^3/\text{s}$, teoricamente calculada como o valor da vazão que, se ocorresse de forma constante no tempo, produziria o mesmo volume que o regime fluvial escoou ao longo do intervalo de tempo estudado.

Pela ilustração é possível notar também que no mês de dezembro as chuvas começam a se intensificar e a disponibilidade hídrica da bacia melhora consideravelmente.

Figura 9. Vazões médias mensais para o período de 2013 a 2016



Fonte: elaborado pela autora

5.2 Determinação da curva de permanência e da vazão Q_{90}

Os dados diários de vazão foram divididos em 10 classes, equivalentes ao número de plotagem, dispostas em ordem crescente, sendo o intervalo definido por:

$$\text{Intervalo de classe} = (Q_{\text{máx}} - Q_{\text{mín}}) / \text{número de pontos de plotagem}$$

Onde:

$Q_{\text{máx}}$ = vazão máxima, e

$Q_{\text{mín}}$ = vazão mínima.

Assim:

Intervalo de classe = $(3,17 - 0,64)/10$

Intervalo de classe = 0,31

No Quadro 2 pode ser observada a disposição dos elementos necessários à construção da curva de permanência para bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, no qual se têm dispostas as classes, o número de observações referentes a cada classe, as observações acumuladas e as porcentagens referentes a estas observações.

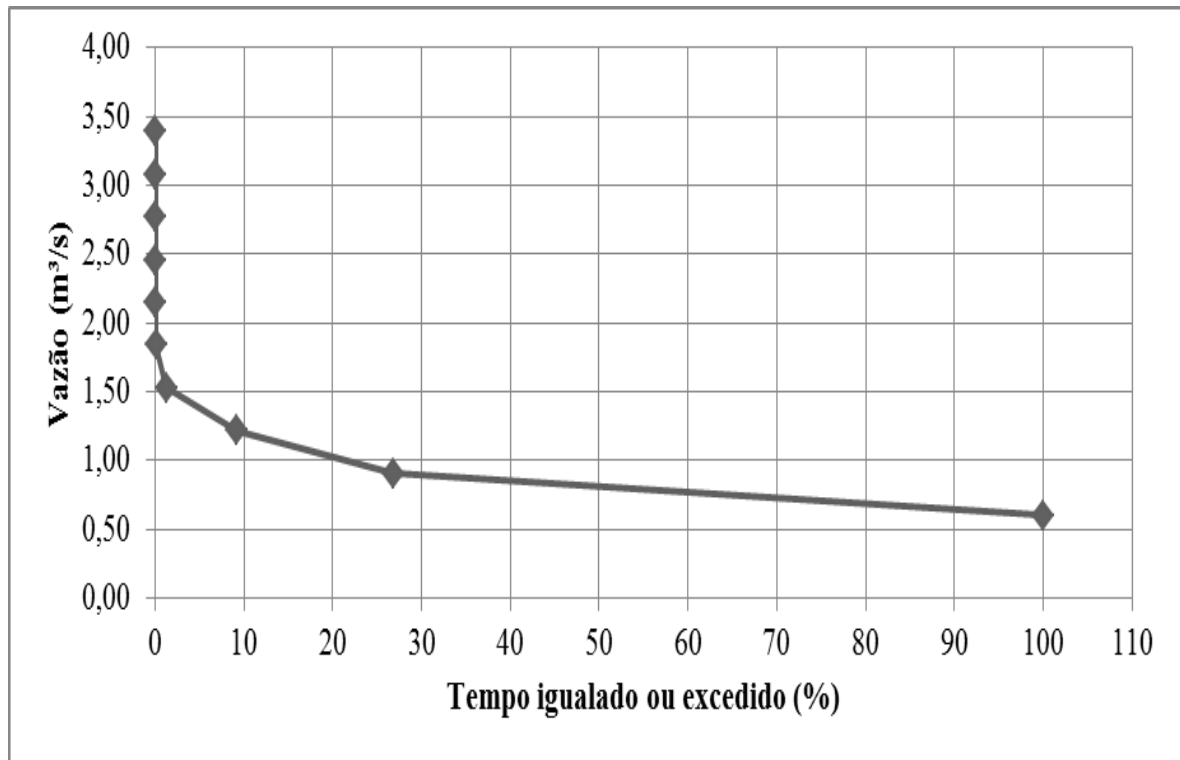
Quadro 3. Elementos para a construção da curva de permanência

Classe (m ³ /s)	N. Obs.	Obs. Acum.	Acum. (%)
3,70 - 3,39	1	1	0,08
3,39 - 3,08	0	1	0,08
3,08 - 2,77	0	1	0,08
2,77 - 2,46	0	1	0,08
2,46 - 2,15	0	1	0,08
2,15 - 1,84	1	2	0,16
1,84 - 1,53	14	16	1,30
1,53 - 1,22	98	114	9,24
1,22 - 0,91	217	331	26,82
0,91 - 0,60	903	1234	100,00

Com os dados do Quadro 2 foi elaborada a curva de permanência das vazões da bacia hidrográfica, sendo que no eixo das abscissas foram dispostas as porcentagens acumuladas das vazões observadas e no eixo das ordenadas o limite inferior de cada classe.

O resultado da curva está representado na Figura 10, em que no eixo das abscissas tem-se a contagem do tempo percentual em que ocorreram vazões iguais ou superiores a uma dada vazão de referência.

Figura 10. Curva de permanência para a bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande



Fonte: elaborado pela autora

Observa-se na curva de permanência que a vazão Q_{90} foi de $0,69 \text{ m}^3/\text{s}$, isto é, tal vazão pode ser excedida em 328,50 dias do ano (90% dos dias do ano). A Q_{90} de $0,69 \text{ m}^3/\text{s}$ significa que em 90% de tempo de um ano a vazão do manancial será de pelo menos $59.616 \text{ m}^3/\text{dia}$, e que nos demais dias do ano, correspondentes a 36,5, a vazão diária possivelmente será menor que 59.616 m^3 .

Analisando a Figura 10, verifica-se que a partir de 20% os valores alcançam um patamar onde as vazões permanecem praticamente constantes ao longo do, variando de $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ a $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. As vazões mais elevadas, de $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$ a aproximadamente $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, possuem baixa permanência, ocorrendo em poucos dias do ano.

Ainda é possível observar pela forma da curva, a qual apresenta forte declividade para as vazões mais altas e suave declividade para as vazões mais baixas, que a bacia indica ausência de armazenamentos significativos de água a montante da seção fluviométrica, apesar de registrar valores razoáveis de vazão.

5.3 Avaliação da disponibilidade hídrica

Na cidade de Palmas, a captação de água para o abastecimento público é realizada na Estação de Tratamento de Água – ETA 006, local considerado o exutório da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, após o enchimento do reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (UHE de Lajeado).

No ponto de captação, a vazão de água bruta é regularizada por uma barragem de nível, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11. Barragem de nível da ETA 006



Fonte: registrado pela autora

No artigo 6º do Decreto Estadual n.º 2432, de 6 de junho de 2005, que regulamenta a outorga do direito de uso de recursos hídricos, foi estabelecido que a vazão de referência adotada no Estado é a Q_{90} , sendo permitido outorgar até 75% da vazão de referência de um manancial. No artigo 7º é estabelecido que os somatórios das vazões a serem outorgadas deverão seguir os limites de: “para captação em reservatório de barragem de regularização, até 90% da vazão de referência do manancial”.

Porém, ainda conforme o artigo 7º do supramencionado Decreto, “havendo barramento, a vazão de descarga mínima a ser mantida escoando para jusante será de 25% da vazão de referência para captação a fio d’água”.

Considerando o que estabelece o Decreto n.º 2432/ 2005 e que na ETA 006 a captação de água é regularizada por barramento, observa-se que a vazão outorgável para o recurso hídrico deve ser de até 75% da Q_{90} , apontando que a vazão ecológica corresponde a 25% da Q_{90} .

De acordo com as informações disponibilizadas pela concessionária Companhia de Saneamento do Tocantins - Saneatins/Odebrecht Ambiental, atualmente o Ribeirão Taquarussu Grande abastece cerca de 80% da cidade de Palmas – Tocantins. Tendo como base uma população de 228.332 habitantes (IBGE, 2010), a solicitação do recurso hídrico é para o abastecimento de 182.665,6 habitantes.

Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014 (BRASIL, 2016), no Estado do Tocantins o consumo médio per capita de água necessária para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial é de 134,3 L/hab.dia.

Entretanto, a Companhia de Saneamento do Tocantins - Saneatins/Odebrecht Ambiental utiliza o valor médio diário per capita de 250 L/hab.dia para a estimativa do consumo de água da população urbana atendida pela ETA 006, o que eleva significativamente a demanda a ser suprida pela bacia hidrográfica.

A diferença entre os valores médios diários per capita pode ser em função, principalmente, da discrepância nas características socioeconômicas da capital em relação às demais cidades do Estado do Tocantins, características estas que influenciam diretamente no consumo de água pela população.

Assim, a demanda média diária per capita considerada para o desenvolvimento deste trabalho foi de 250 L/hab.dia, refletindo com mais segurança a atual situação encontrada no local de estudo.

Com base na população de 182.665,6 habitantes a ser atendida pela bacia hidrográfica do Ribeirão taquarussu Grande e no consumo de água de 250 L/hab.dia, a demanda diária total para o abastecimento de 80% da população de Palmas pelo Ribeirão Taquarussu Grande é de 45.666,4 m³.

Por meio da curva de permanência, a vazão de referência Q_{90} foi de 0,69 m³/s, isto é, tal vazão pode ser excedida em 328,50 dias do ano.

A Q_{90} igual a 0,69 m³/s garante a disponibilidade hídrica de 59.616 m³/dia em 90% dos dias do ano. Porém, segundo o Decreto Estadual n.º 2432, de 6 de junho de 2005, a vazão

outorgável é de até 75% da Q_{90} , sendo que deve ser garantido ao manancial no mínimo 25% dessa vazão de referência, denominada de vazão ecológica. Portanto, tem-se que a vazão máxima outorgável representa 44.712 m³/dia.

Considerando a vazão diária demandada para o suprimento da população da cidade de Palmas e a vazão diária outorgável para o Ribeirão Taquarussu Grande, respectivamente, 45.666,4 m³ e 44.712 m³/dia, observa-se uma deficiência diária de 954,4 m³ da quantidade de água disponível para utilização, o que significa que é necessária uma captação superior a 75% da Q_{90} , deixando de atender, se for o caso, a regra de que deve ser mantida no corpo hídrico a vazão ecológica igual a 25% da Q_{90} .

Tem-se ainda que a bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, conforme estudo de Carmo *et al.* (2015), não é requerida apenas para o abastecimento urbano da capital, mas também para outros fins, como as atividades agropecuárias de agricultura de subsistência e criação de animais, onde a criação de ovinos é a principal atividade pecuária desenvolvida na bacia, seguida pela criação de bovinos. A agricultura de subsistência representa a segunda atividade mais desenvolvida, sendo que a principal cultura cultivada na bacia é a de mandioca, seguida por feijão e frutíferas.

Desse modo, para o suprimento de tais demandas, somadas à demanda para o abastecimento urbano, há a necessidade de captação de água que excede o valor de 75% da Q_{90} , ou até mesmo de 100% da Q_{90} . Isto é, não há remanescente de disponibilidade hídrica, dentro dos requisitos estabelecidos pelo Decreto n.º 2432/ 2005, para ser utilizado pelos demais usuários, como os citados anteriormente, os quais crescem de forma expressiva, considerando também a intensificação do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica.

O fato a se atentar é que apenas a demanda para o abastecimento da cidade de Palmas compromete toda a vazão outorgável da bacia hidrográfica, o que impulsiona conflitos pelo uso da água em curto prazo, situação esta comprovada pela escassez hídrica no período de estiagem, especialmente neste ano de 2016, onde foi necessária a captação de água no reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (UHE de Lajeado) para o abastecimento da população da cidade.

Cita-se também que o uso irregular de água na bacia, representado principalmente pelos usuários que não possuem anuência, aliado a fatores como a degradação das Áreas de Preservação Permanentes (APPs), lançamento irregular de efluentes, aumento nos processos de erosão e assoreamento, ocupação irregular do solo e a gestão inadequada dos ecossistemas aquáticos afetam significativamente a disponibilidade hídrica, comprometendo a quantidade e qualidade de água nos corpos hídricos que integram a bacia hidrográfica.

Em seu estudo, Carmo (2014) destaca que na última década ocorreu um acentuado processo de degradação das matas ciliares, principalmente nas áreas de nascentes, na parte baixa da bacia, que é uma área de expansão urbana acelerada, onde novos loteamentos surgem impulsionados pela crescente especulação imobiliária no município.

Ainda sobre os fatores de degradação ambiental, de acordo com dados da Saneatins (2007), três obras de infraestrutura influenciaram de forma determinante o processo, são elas: a construção da rodovia TO-030, que ocasionou uma forte alteração da paisagem; a instalação e operação da ETA 006, que promoveu o aumento da retirada de água da bacia, devido a grande demanda para o abastecimento da capital; e a instalação e operação da Estação de Tratamento de Esgoto - ETE localizada nas proximidades da foz do ribeirão Taquarucu Grande, que é responsável pelo tratamento da ordem de 30L/s do esgoto proveniente dos bairros da região.

Em relação ao quantitativo populacional, o censo realizado pelo IBGE foi ainda no ano de 2010, sendo que o próprio Instituto estima que a população de Palmas no ano de 2016 seja de 279.856 habitantes, do qual 80% desse número representa 223.884,8 habitantes, resultando em uma demanda diária de 55.971,2 m³ de água para abastecimento da população urbana, considerando um consumo médio per capita de 250 L/hab.dia.

Logo, com base na vazão diária outorgável de 44.712 m³/dia para o Ribeirão Taquarussu Grande, a qual representa 75% da Q₉₀, percebe-se ainda mais a fragilidade do sistema hídrico, que tem se mostrado insuficiente para atender toda a demanda necessária de abastecimento de água da cidade de Palmas.

Pelos números demonstrados, é perceptível que as pressões para o uso da água na bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande são progressivas, conforme o crescimento populacional no espaço urbano. É relevante citar que além do crescimento urbano, o crescimento da população e das atividades no ambiente rural também colabora significativamente para o aumento da solicitação do manancial, contribuindo para a geração de conflitos pelo uso da água.

De imediato podem ser citados problemas de disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica, como a necessidade de captação de água no reservatório da UHE de Lajeado para o abastecimento da população da cidade de Palmas, devido à escassez hídrica no período de estiagem deste ano.

É importante frisar que a vazão outorgável diária de 44.712 m³ não significa que este é o valor total da disponibilidade hídrica encontrada no exutório da bacia hidrográfica, a qual provavelmente vai ser sempre maior que tal valor. No entanto, os 44.712 m³ diários de água

expressam que este é o número legal a ser disponibilizado para captação na bacia, o que remete à disponibilidade hídrica para a captação de forma segura de água.

A regra de outorgar até 75% da Q_{90} demonstra que seja mantido, no mínimo, 25% da Q_{90} , denominada vazão ecológica, responsável por assegurar a qualidade e quantidade de água, no tempo e no espaço, necessárias para manter os componentes, as funções e os processos dos ecossistemas aquáticos.

Tem-se, ainda, que a vazão outorgada para a captação de água pela Companhia de Saneamento do Tocantins - Saneatins/Odebrecht Ambiental, no ponto à montante da barragem de nível da ETA 006, é de 60.480 m³/dia (700 L/s), valor próximo ao resultado da demanda de 55.971,2 m³/dia (647,82 L/s) de água para abastecimento da população urbana.

Considerando que a vazão outorgável é de 44.712 m³/dia (75% da Q_{90}) e que a vazão outorgada é de 60.480 m³/dia, tem-se que a outorga de direito de uso de recursos hídricos autoriza a captação de 15.768 m³/dia de água a mais que a vazão outorgável encontrada neste estudo, ou seja, é 35,27% acima da disponibilidade hídrica para uso com segurança.

Por fim, considerando que a Q_{90} é 59.616 m³/dia, que 75% da Q_{90} é 44.712 m³/dia e que estão sendo captados pelo menos 60.480 m³/dia de água na bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, tem-se que toda a vazão que permanece em 90% do tempo tem sido comprometida com a captação de água para o abastecimento da cidade de Palmas, não restando, portanto, vazão ecológica ao corpo hídrico. O problema se torna mais grave ainda no contexto atual em que a bacia hidrográfica possui demandas hídricas de outros usuários, e que a população urbana é crescente.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

Remetendo aos objetivos propostos inicialmente, com o intuito de avaliar as conclusões, tinha-se como prioridade determinar e avaliar a disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, e de forma específica determinar a curva de permanência e a vazão de referência Q_{90} , e avaliar a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, relacionando-a com sua demanda para o abastecimento urbano da cidade de Palmas – Tocantins.

A curva de permanência foi determinada de maneira simples e clara, permitindo a conclusão, pela forma da curva que apresentou forte declividade para as vazões mais altas e suave declividade para as vazões mais baixas, que a bacia indica ausência de armazenamentos significativos de água a montante da seção fluviométrica, apesar de registrar valores razoáveis de vazão.

Com base na demanda para o abastecimento urbano da cidade de Palmas, a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica mostrou-se fortemente comprometida, uma vez que a solicitação diária de água para o abastecimento da população urbana estimada para o ano de 2016 é superior à vazão outorgável.

Ainda, considerando que a outorga de direito de uso de recursos hídricos para a captação de água pela Companhia de Saneamento do Tocantins - Saneatins/Odebrecht Ambiental é acima da totalidade da vazão Q_{90} , ressalta-se a gravidade das atuais circunstâncias em que se encontra a bacia hidrográfica.

É válido ressaltar que a vigente conjuntura de captação de água no local de estudo não tem atendido aos critérios estabelecidos pelo Decreto n.º 2432/ 2005, no qual se tem que a vazão outorgável para o recurso hídrico deve ser de até 75% da Q_{90} e que, portanto, a vazão ecológica deve ser de 25% da Q_{90} , vazão esta de extrema importância para a garantia das funções e dos processos dos ecossistemas aquáticos.

Avaliando a disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, observaram-se dois pontos principais: o primeiro é de que para a avaliação há que se determinar, necessariamente, uma vazão de referência, que para o Estado do Tocantins é a Q_{90} , e determinar uma solicitação específica do manancial, que para o caso foi o abastecimento da cidade de Palmas, enfatizando a relação oferta x demanda; o outro

ponto é que a vazão outorgável, referente a uma parcela da vazão de referência, não significa que esse é o valor total da disponibilidade hídrica encontrada na bacia, mas sim que é um número apropriado para se fazer uso do manancial, sem que haja comprometimento de sua qualidade e quantidade de água, podendo ser entendida como a vazão segura a ser retirada.

Considerando os resultados obtidos, os quais demonstraram indícios críticos de comprometimento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, há de se atentar na premente necessidade de adoção de alternativas que amenizem ou, prioritariamente, minimizem os conflitos existentes, sejam elas paliativas ou preventivas.

Além do mais, a elaboração deste trabalho proporcionou a percepção de uma série de limitações para o desenvolvimento de estudos hidrológicos, principalmente em relação à escassez ou inexistência na disponibilidade de dados hidrológicos de vazão.

Por fim, foi possível concluir o papel fundamental que pode desempenhar o profissional engenheiro civil na área grande dos recursos hídricos, tanto na etapa de planejamento, quanto no desenvolvimento e execução de projetos, podendo atuar de forma positiva e otimizada na resolução ou prevenção de problemas relacionados à escassez hídrica.

6.2 Recomendações

Após a conclusão do estudo, algumas recomendações para trabalhos futuros podem ser mencionadas, tais como:

- Aplicação do método da curva de permanência com uma maior série de dados, e
- Aplicação de outros métodos para a determinação da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Nayara Silva Perazzo de. **Avaliação da demanda hídrica nos municípios de Souto Soares e Mulungu do Morro/Ba**. Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia apresentada ao Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal da Bahia. Barreiras, 2012. Disponível em: <<http://www.geografia.icad.ufba.br/TCC%20-%20Nayara.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

ANA, Agência Nacional das Águas. **Diagnóstico da Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos no Brasil**. Cadernos de Recursos Hídricos 4. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/images/abook/pdf/2016/25abr%20cad%204.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2016.

ANA, Agência Nacional das Águas. **Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos**. Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos – Volume 6. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/OutorgaDeDireitoDeUsoDeRecursosHidricos.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2016.

BARROS, Fernanda Gene Nunes; AMIM, Mário M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 4, n. 1, p. 75-108. Taubaté, 2008. Disponível em: <<http://www.rbgdr.net/012008/artigo4.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

BERNARDI, Ewerthon Cezar Schiavo; PANZIERA, André Gonçalves; BURIOL, Galileo Adeli; SWAROWSKY, Alexandre. Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, v. 13, n. 2, p. 159-168. Santa Maria, 2012. Disponível em: <<http://sites.unifra.br/Portals/36/Tecnologicas%202012-2/04.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

BICUDO, Carlos E. de M; TUNDISI, José Galizia; SCHEUENSTUHL, Marcos C. Barnsley. **Águas do Brasil - Análises Estratégicas**. Academia Brasileira de Ciências. Instituto de Botânica. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-6820.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

BRANCO, Otavio Eurico de Aquino. **Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2006. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/04/Disponibilidade-H%C3%ADrica.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Atlas Brasil - Abastecimento urbano de água: panorama nacional**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. Brasília, 2013b. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil_2013_Final.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2016.

BRASIL. Lei n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, 1997.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB**. Brasília, 2013a. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab_06-12-2013.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2016.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2014>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

CARMO, Jean Pereira de Azevedo do; SILVA, Paulo Diego D’ouvidio. **A bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gestão**. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos. Associação dos Geógrafos Brasileiros. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=4055>. Acesso em: 29 abr. 2016.

CARMO, Mariana Cipriano. **Análise Espacial e Temporal dos Usos da Água: o Caso da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Taquarussu Grande, Palmas/TO**. Monografia de Graduação em Engenharia Ambiental apresentada à Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2014.

CARMO, Mariana Cipriano; VERGARA, Fernán Enrique; COSTA, Cecília Amélia Miranda; CHIESA, Viviane Basso; OLIVEIRA, Roberta Mara de. **Análise espacial e temporal dos usos da água: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarucu Grande, Palmas/TO**. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-260_analise-espacial-e-temporal-dos-usos-da-agua-o-caso-da-bacia-hidrografica-do-ribeirao-taquarucu-grande-palmas-to>. Acesso em: 24 ago. 2016.

CARMO, Roberto Luiz do; DAGNINOII, Ricardo de Sampaio; FEITOSA, Flávia da Fonseca; JOHANSEN, Igor Cavallini; CRAICE, Carla. **População e consumo urbano de água no Brasil: interfaces e desafios**. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, 2013. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/~flavia/articles/ABRH_2013.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2016.

CASTIGLINONI, Isabela Fadini. **Análise regional de vazões para a Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2013. Disponível em: <http://www.engenhariaambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/analise_regional_de_vazoes_para_a_bacia_hidrografica_do_rio_itapemirim_-_isabela_fadini_castiglioni.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2016.

CHIESA, Viviane Basso. **Aplicabilidade de Modelos Matemáticos na Análise de Processos de Outorga: o Caso da Bacia do Ribeirão Taquaruçu**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/253>>. Acesso em: 13 out. 2016.

COELHO FILHO, José Alexandre Pinto; CARDOSO, Albert Teixeira; SOUZA, Davi Nascimento; VEIGA, Aldrei Marucci. **Disponibilidade Hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte – GO, pelos métodos $Q_{7,10}$ e curva de permanência**. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-787_disponibilidade-hidrica-da-bacia-hidrografica-do-rio-meia-ponte-go-pelos-metodos-q710-e-curva-de-permanencia>. Acesso em: 23 mar. 2016.

CRUZ, Jussara Cabral; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n.1, 111-124. Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: <<http://rhama.net/download/artigos/artigo148.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

GOULART JÚNIOR, Rogério; CARDOSO NETO, Nicolau; FRANK, Beate. **O mecanismo econômico para gestão de recursos hídricos – cobrança**. In: Encontro de Economia Catarinense. Santa Catarina, 2010. Disponível em: <<http://www.comiteguandu.org.br/downloads/ARTIGOS%20E%20OUTROS/O%20mecanismo%20economico%20para%20gesto%20de%20recursos%20hdricos%20%20cobrana.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

FAPTO, Fundação de Apoio Científico e Tecnológico do Tocantins. **Plano da Bacia Hidrográfica do Entorno do lago**. Fase A – Diagnóstico da Bacia Hidrográfica. Palmas, 2015.

FINKLER, Raquel. **Planejamento, manejo e gestão de bacias - A bacia hidrográfica.**

Curitiba, 2014. Disponível em:

<http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2016.

GUEDES, Raissa Bahia. **Avaliação das outorgas e da disponibilidade hídrica na Bacia do Alto Tocantins à luz da Lei 9433/97.** In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XVII, n. 130. Rio Grande, 2014. Disponível em: <http://ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=15461>. Acesso em: 18 abr. 2016.

HELLER, Leo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de Água para Consumo Humano.** Editora UFMG, 859p. Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=XFnnhzqetCoC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 22 de fev. 2016.

HELLER, Leo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de Água para Consumo Humano.** Editora UFMG, 859p. Belo Horizonte, 2006. Disponível em:

<https://books.google.com.br/books?id=XFnnhzqetCoC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 22 de fev. 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010.** Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=172100&search=tocantins|palmas|infograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em: 12 out. 2016.

LEAL, Antônio Cezar. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. **Entre-Lugar**, ano 3, n. 6, p 65-84, 2. Dourados, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/viewFile/2447/1398>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

NAGHETTINI, Mauro; PINTO, Éber José de Andrade. **Hidrologia Estatística.** CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Superintendência Regional de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2007. Disponível em:

<http://www.civil.ist.utl.pt/~mps/Mod_hid/Bibliografia/livro%20hidrologia%20estatistica.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2016.

PALMAS, Prefeitura Municipal. **Plano de Saneamento Básico de Palmas – TO.** Palmas, 2014. Disponível em: <<http://www.palmas.to.gov.br/servicos/pmsb-plano-municipal-de-saneamento-basico/179/>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

PAULO, Robélia Gabriela Firmiano de. **Ferramentas para a determinação de vazões ecológicas em trechos de vazão reduzida: destaque para aplicação do método do Perímetro molhado no caso de Capim Branco I.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/REPA-7BSEDC>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

PEIXINHO, Frederico Cláudio. **Gestão sustentável dos recursos hídricos**. In: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. São Luís, 2010. Disponível em:
<http://www.cprm.gov.br/publique/media/evento_PAP003029.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2016.

PINTO, Jorge Antônio de Oliveira. **Avaliação de métodos para a regionalização de curvas de permanência de vazões para a Bacia do Rio das Velhas**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006. Disponível em:
<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUDB-8APMNM/avalia__o_de_m_todos.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 abr. 2016.

PORTO, Monica F. A; PORTO, Rubem La Laina. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos Avançados, vol. 22, n. 63, São Paulo, 2008. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004>. Acesso em: 29 abr. 2016.

REIS, Alberto Assis dos. **Estudo comparativo, aplicação e definição de metodologias apropriadas para a determinação da vazão ecológica na Bacia do Rio Pará, em Minas Gerais**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/REPA-7BUEKM/assisdosreis.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

RIBEIRO, Christian Ricardo. **Avaliação da sustentabilidade hídrica do município de Juiz de Fora/MG: um subsídio à gestão sustentável dos recursos hídricos em âmbito municipal**. Monografia apresentada à Banca Examinadora do Curso de Especialização em Análise Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2009. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/Christian-Ricardo-Ribeiro.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

ROCHA, Altamar Amaral; VIANNA, Pedro Costa Guedes. **A bacia hidrográfica como unidade de gestão da água**. In: II SEMILUSO - Seminário Luso-Brasileiro Agricultura Familiar e Desertificação. João Pessoa, 2008. Disponível em:
<<http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/gepat/files/gepat022.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

RODRIGUEZ, Renata del Giudice. **Proposta conceitual para a regionalização de vazões**. Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008. Disponível em:

<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/637/01%20-%20capa_pag%20181.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 abr. 2016.

SANEATINS, Companhia de Saneamento do Tocantins. Projeto Taquarussu uma Fonte de Vida. **Diagnóstico Socioambiental da Bacia do Ribeirão Taquarussu**. Palmas, 2012.

SANEATINS, Companhia de Saneamento do Tocantins. **Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Sub-bacia do Ribeirão Taquarussu Grande**. Palmas, 2007.

SANEATINS, Companhia de Saneamento do Tocantins. Projeto Taquarussu uma Fonte de Vida. **Relatório do Protocolo de Avaliação Visual de Rios - SVAP**. Palmas, 2014.

SEPLAN, Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Palmas, 2012. Disponível em: <<http://seplan.to.gov.br/zonamento/atlas-do-tocantins/>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. **Conceitos de Bacias Hidrográficas - Teorias e Aplicações**. 293p. EDITUS - editora da UESC, Ilhéus, 2002. Disponível em: <http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2016.

SHUBO, Tatsuo. **Sustentabilidade do abastecimento e da qualidade da água potável urbana**. Dissertação apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://teses.iciet.fiocruz.br/pdf/shubotcm.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

SILVA NETO, Antônio Rodrigues da. **Cenários de Abastecimento Futuro de Palmas-TO com Base na Simulação da Disponibilidade Hídrica do Ribeirão Taquarussu Grande**. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/35351>>. Acesso em: 16 out. 2016.

SOARES, Pétrick Anderson; PINHEIRO, Adilson; SOARES, Karine Heil; ZUCCO, Evelyn. **Estimativa da disponibilidade hídrica em pequenas Bacias Hidrográficas com escassez de dados fluviométricos**. REA – Revista de estudos ambientais (Online), v.12, n. 1, p. 29-38, Blumenau, 2010. Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/1873/1286>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

TOCANTINS. Decreto n.º 2432, de 6 de junho de 2005. **Regulamenta a outorga do direito de uso de recursos hídricos**. Diário Oficial do Estado. Palmas, 2005.

VESTENA, Leandro Redin; OLIVEIRA, Éderson Dias de; CUNHA, Márcia Cristina da; THOMAZ, Edivaldo Lopes. **Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na Bacia das Pedras, Guarapuava – PR.** Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 7, n. 3, Guarapuava, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n3/v7n3a17.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2016.