



FABRICCIO SUÊNIL LOPES DA SILVA

**BALANÇO ENTRE DISPONIBILIDADE E DEMANDA POR
RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO SAPÉ, NEPOMUCENO, MG**

**LAVRAS – MG
2019**

FABRICCIO SUÊNIL LOPES DA SILVA

**BALANÇO ENTRE DISPONIBILIDADE E DEMANDA POR RECURSOS
HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SAPÉ, NEPOMUCENO,
MG**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Gilberto Coelho
Orientador

**LAVRAS - MG
2019**

FABRICCIO SUÊNIL LOPES DA SILVA

**BALANÇO ENTRE DISPONIBILIDADE E DEMANDA POR RECURSOS
HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SAPÉ, NEPOMUCENO,
MG**

**BALANCE BETWEEN AVAILABILITY AND DEMAND FOR WATER
RESOURCES AT RIBEIRÃO SAPÉ HYDROGRAPHIC BASIN, NEPOMUCENO-MG**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 06 de dezembro de 2019.

Msc. Ronan Naves Carvalho UFLA
Msc. Renato Antônio da Silva UFLA

Prof. Dr. Gilberto Coelho
Orientador

**LAVRAS - MG
2019**

Deus, minha fortaleza...
Aos meus pais Nilton Donizete da Silva e Sueli Gonçalves Lopes da Silva, minha família,
amigos, professores e colegas que me acompanharam em minha jornada de aprendizado.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus por esta conquista.

Aos meus pais, Nilton e Sueli por serem meu maior exemplo, pelo amor incondicional e por todo apoio que sempre me deram.

Aos meus eternos e amados avós paternos todo amor e confiança.

Aos meus amados avós maternos por sempre estarem presente em minha vida

Aos meus irmãos Franciely e Guilherme por todo o carinho e dedicação.

Ao minha namorada e companheira Thamires por todo cuidado e amor transmitidos durante todo esse tempo ao meu lado.

Ao meu filho Theo por ter surgido em minha vida como uma luz que me fortalece a todo instante.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Recursos Hídricos e todos os professores e funcionários.

Ao Prof. Dr. Gilberto Coelho pela inspiração, amizade, paciência e por desempenhar o seu papel com tanto carinho e dedicação.

Ao Técnico Renato Antônio da Silva e ao Doutorando Ronan Naves Carvalho por aceitarem compor a banca avaliadora.

À Preserva Jr. por todo ensinamento profissional.

À República Pé-de-Cana, que se tornou minha família em Lavras, pelos melhores momentos vividos em toda a minha vida, vocês foram essenciais para o meu crescimento. Meu eterno amor por essa família.

A todos os meus familiares que de certa forma contribuíram para essa vitória.

O MEU, MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O município de Nepomuceno, na região Sul de Minas Gerais, conta, aproximadamente, com vinte e seis mil habitantes, dos quais 84% vivem na área urbana. A população urbana de Nepomuceno tem seu abastecimento de água fornecido por empresa autônoma de saneamento que por sua vez faz a captação no manancial da Bacia do Ribeirão Sapé. Desta maneira, esta bacia hidrográfica apresenta grande importância estratégica para a segurança hídrica da população urbana do município de Nepomuceno. No ano de 2014, houve uma forte estiagem no Sudeste do Brasil, provavelmente, pelo efeito das mudanças climáticas que impactaram drasticamente o abastecimento de água às populações urbanas, bem como à produção agrícola. O gerenciamento eficaz de bacias hidrográficas requer uma gama de processos que vão desde de um diagnóstico até a execução de medidas conservacionistas. Dada a importância da água, para o desenvolvimento das diversas atividades humanas, além de ser essencial para a própria vida, a caracterização dos recursos hídricos se torna fundamental para o gerenciamento de uma bacia hidrográfica. Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar a quantidade dos recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Ribeirão Sapé bem como realizar projeções de demanda x disponibilidade hídrica tendo como base crescimento populacional e consequente aumento na demanda hídrica da região de estudo. Para tanto realizou-se diversas estimativas cujo os resultados foram empregados na análise de disponibilidade e demanda hídrica, proposta em dois cenários distintos. Após as análises pode-se concluir que, para o primeiro cenário, a produção de água na bacia é insuficiente para atender à população que dela se beneficia, já no segundo cenário, tem-se que a produção de água na bacia é suficiente para atender a demanda exigida. Levando em conta as projeções populacionais e suas respectivas projeções vazões de captação, percebe-se que caso ocorra o crescimento proposto e caso a produção de água na bacia se mantenha a mesma, no ano de 2039, a cidade de Nepomuceno se encontrará em uma situação de crise hídrica onde a busca por ações de intervenção serão indispensáveis para se garantir a qualidade de vida da população.

Palavras-chave: Balanço hídrico. Bacia Hidrográfica. Água superficial.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1. Gestão de Recursos Hídricos	8
2.2. Demanda Hídrica	9
2.3. Disponibilidade Hídrica	9
2.3.1. Regionalização de Vazão	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1. Local	11
3.2. Estimativa de Demanda Hídrica Superficial	12
3.2.1. Estimativa de Demanda Hídrica – Cenário 1	13
3.2.2. Estimativa de Demanda Hídrica – Cenário 2	14
3.3. Disponibilidade Hídrica	15
3.4. Prognóstico	17
3.4.1. Projeções de Crescimento Populacional	17
3.4.2. Projeção do Abastecimento de Água	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Demanda Hídrica Superficial	20
4.1.1. Demanda Hídrica - Cenário 1	20
4.1.2. Demanda Hídrica - Cenário 2	21
4.2. Disponibilidade Hídrica	22
4.3. Demanda Hídrica x Disponibilidade Hídrica	23
4.3.1. Cenário 1	23
4.3.2. Cenário 2	23
4.4. Prognóstico	24
4.4.1. Projeções de Crescimento Populacional	24
4.4.2. Projeção do Abastecimento de Água	25
5. CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

O município de Nepomuceno, na região Sul de Minas Gerais, conta, aproximadamente, com vinte e seis mil habitantes, dos quais 84% vivem na área urbana. A população urbana de Nepomuceno tem seu abastecimento de água fornecido por empresa autônoma de saneamento que por sua vez faz a captação no manancial da Bacia do Ribeirão Sapé. Desta maneira, esta bacia hidrográfica apresenta grande importância estratégica para a segurança hídrica da população urbana do município de Nepomuceno.

No ano de 2014, houve uma forte estiagem no Sudeste do Brasil, provavelmente, pelo efeito das mudanças climáticas (COELHO; CARDOSO; FIRPO, 2015) que impactaram drasticamente o abastecimento de água às populações urbanas, bem como à produção agrícola. Os cenários de mudanças climáticas, para os próximos anos, indicam uma intensificação da frequência de eventos extremos tanto de secas como de enchentes, entre outras condições meteorológicas adversas. Portanto, são necessárias ações estratégicas planejadas para se adaptar a tais cenários como, por exemplo, a adoção de práticas conservacionistas na agricultura e a gestão dos recursos hídricos.

Uma vez que a bacia hidrográfica é a unidade básica para a gestão dos recursos hídricos, o manejo adequado e integrado das bacias é fundamental para assegurar a provisão de água em qualidade e quantidade adequadas para as atividades humanas e também, para o funcionamento equilibrado dos ecossistemas.

O gerenciamento eficaz de bacias hidrográficas requer uma gama de processos que vão desde de um diagnóstico até a execução de medidas conservacionistas.

Ao se tratar de planejamento e gestão de recursos naturais, a bacia hidrográfica requer uma atenção especial, pois nela estão inseridos solo, recurso hídrico, fauna e flora de toda uma região, todos estes fatores estão diretamente ligados à qualidade de vida de quem depende dos mesmos. O uso inadequado dos recursos naturais causa diversos problemas, sendo em nível local que estes se manifestam.

Dada a importância da água para o desenvolvimento das diversas atividades humanas, além de ser essencial para a própria vida, a caracterização dos recursos hídricos se torna fundamental para o gerenciamento de uma bacia hidrográfica.

Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho promover um balanço entre demanda e disponibilidade de recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Ribeirão Sapé bem

como realizar projeções de demanda x disponibilidade hídrica, tendo como base crescimento populacional e consequente aumento na demanda hídrica da região de estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Gestão de Recursos Hídricos

As reservas mundiais da água doce correspondem a 2,5% do total de água do mundo, o equivalente a aproximadamente 35 milhões de Km³. Cerca de 70% deste montante encontra-se sob a forma de gelo e quase 30% constitui as reservas subterrâneas. A porcentagem de água que abastece os rios, lagos, correntes e zonas pantanosas representa menos de 1% de toda água doce do planeta (ONU, 2006; WWF, 2006).

A água, como recurso natural e finito, constitui-se como bem indispensável ao desenvolvimento da sociedade. Com a criação da constituição federal de 1988 surgiu-se uma maior preocupação com o meio ambiente e os recursos hídricos. Acompanhado de tal fato, criou-se a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, instrumentos esses que constituíram um marco para o planejamento e gestão dos recursos hídricos no Brasil, pois foram embasados em princípios básicos, norteadores da gestão das águas no âmbito mundial. Tais princípios, de forma resumida, assim se apresentam (MELLO; SILVA, 2013):

- A bacia hidrográfica é a unidade territorial de planejamento de gestão dos recursos hídricos.
- Todos os setores usuários de água têm igual direito de acesso ao uso desse recurso.
- A água é um bem finito e vulnerável.
- A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e participativa.

Como pode-se perceber a bacia hidrográfica tem papel fundamental no cenário de planejamento e gestão de recursos hídricos pois essas unidades se caracterizam como sendo o berço para o desenvolvimento dos ecossistemas. Para Cardoso et al. (2006), a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. De maneira geral, podemos dizer que o termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural, delimitada por divisores de água que é drenada superficialmente por um curso d'água principal e seus afluentes.

Adotar a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento é de aceitação universal, na qual as interações, pelo menos físicas, são integradas e assim mais facilmente

interpretadas (PAULA et al., 2016). Logo, o estudo do território da bacia hidrográfica surge como saída para a implementação de ações gerenciais dos recursos hídricos. Isto torna possível o monitoramento das mudanças introduzidas pelo homem o que permite uma visão sistêmica e integrada do ambiente e das propriedades de uma bacia, fatores esses que são importantes facilitadores para o planejamento e gestão do território de estudo (FARIA et al., 2018).

2.2. Demanda Hídrica

A demanda crescente pelo recurso hídrico e a intensificação no seu uso diversificado corroborou para que a água, em várias localidades do mundo, passasse a ser um elemento de interesses e disputas físicas, políticas e econômicas. Concomitantemente a tudo isso, o uso irracional, os impactos diretos nos cursos d'água e nas áreas de preservação permanentes – app's, além do gerenciamento inadequado da água, incidiram em escassezes hídricas em várias regiões.

De acordo com os relatórios da UNESCO (2015) nas últimas décadas o consumo de água cresceu duas vezes mais que a população, e as estimativas apontam um crescimento de 55% até o ano de 2050. Vários fatores corroboraram para o aumento dessa demanda, poluição desregrada dos corpos hídricos, urbanização intensa, o agronegócio, o consumo irracional aliado as instabilidades pluviométricas dos últimos anos. No sentido amplo de crise e de acordo com Pinto-Coelho e Havens (2015; 2016), “as crises passam a serem sociais, quando transcendem ao indivíduo e passam a afetar grupos maiores de pessoas, grandes ou pequenos segmentos ou mesmo uma sociedade inteira”.

Segundo Telles e Costa (2010), a necessidade do gerenciamento das águas se faz presente à medida que a demanda cresce, e isso inclui um controle efetivo e educação ambiental extensivo a toda a população, inibição do crescimento desordenado da demanda, assim como o controle do auto abastecimento das indústrias e do uso agrícola.

2.3. Disponibilidade Hídrica

O conhecimento hidrológico de uma bacia hidrográfica tem papel importantíssimo quando se diz respeito ao planejamento e gestão de recursos hídricos. Dentre as principais características de uma região hidrológica pode-se destacar a disponibilidade hídrica, pois é a partir de sua avaliação que se consegue definir se os recursos hídricos disponíveis suportam as demandas necessárias. Além disso, pode-se inferir, que a avaliação da disponibilidade hídrica

é fundamental para subsidiar tomadas de decisão quanto à hierarquização de intervenções em uma determinada bacia.

A disponibilidade hídrica pode ser avaliada a partir das descargas líquidas médias observadas nos cursos d'água de uma bacia hidrográfica. É conveniente dizer que a vazão de um curso d'água é a principal variável utilizada na gestão e no planejamento de recursos hídricos. A aferição da vazão em bacias hidrográficas é comumente feita no exutório, uma vez que toda a rede de drenagem flui para esse ponto. Como métodos de medição de vazão podemos destacar alguns equipamentos como os vertedores e as calhas parshal.

Em meio as diversas variáveis que interferem na disponibilidade hídrica de uma bacia e levando em conta a enorme dificuldade de se obter medidas de vazão nos corpos hídricos de uma determinada região, surge como alternativa o conceito de regionalização hidrológica, sendo uma solução viável aplicada em regiões cuja a inexistência de dados torna difícil a obtenção da vazão de um curso d'água (CHIANG; TSAY; NIX, 2002).

2.3.1. Regionalização de Vazão

Segundo Tucci (2002), a regionalização hidrológica pode ser definida como sendo a transferência de informações de um local para outro sem informações, dentro de uma área de comportamento semelhante.

Para se realizar um bom estudo de regionalização, devem ser consideradas as características físicas e climáticas das bacias que mais interferem na distribuição espacial da vazão e que sejam facilmente mensuráveis, permitindo assim, que se estabeleça uma relação entre as diversas variáveis e os dados de vazão obtidos nas estações fluviométricas, tornando possível o ajuste de um modelo de regressão que poderá ser utilizado para mensurar vazões em locais desprovidos de dados hidrológicos (BAENA et al., 2004; OLIVEIRA, 2008).

Diversos estudos foram desenvolvidos no âmbito da regionalização hidrológica, cada um deles, tomando como base suas particularidades, adotaram diferentes características da bacia como variáveis físicas.

Euclides et al. (2001), em seu estudo de regionalização hidrológica na bacia do Alto Rio São Francisco, adotaram como variáveis físicas a área de drenagem e a declividade do rio principal para regionalização das vazões máximas e médias de longo termo (QMLT).

No estudo realizado por Silva, Marques e Lemos (2009), afim de se avaliar as metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência na bacia do rio São Francisco,

foram utilizadas como variáveis físicas área de drenagem, comprimento do rio principal, densidade de drenagem, declividade média da bacia e declividade do rio principal.

Como dito anteriormente, além das variáveis físicas, para que se obtenha um bom modelo de regionalização, se faz necessário analisar variáveis climáticas do local de estudo. Em diversos trabalhos, pode-se observar que os dados mais utilizados, como variáveis climatológicas, são os de precipitação, isso ocorre, pois, esse fenômeno climático é capaz influenciar diretamente o regime de escoamento de um curso d'água.

Em um estudo desenvolvido por Ferreira (2010) em uma bacia localizada entre as bacias dos rios Doce e Itabapoana, no estado de Espírito Santo, utilizou-se a precipitação média anual para a estimativa das vazões $Q_{7,10}$ e Q_{90} .

Lemos (2006), adotou a precipitação total anual, a precipitação do trimestre mais seco, a precipitação do mês mais seco e a precipitação média na bacia para desenvolver seu estudo de regionalização de vazões mínimas de referência na bacia hidrográfica do rio São Francisco.

Inúmeros métodos de regionalização hidrológica têm sido empregados em estudos, dentre eles podemos destacar o método proposto por Eletrobrás (1985) que, apesar de antigo, é considerado o mais tradicional e o que apresenta melhor resultado. Em resumo, tal metodologia, utiliza de regressões regionais aplicadas a regiões hidrológicamente homogêneas com intuito de obter vazões de referência em qualquer posição da rede de drenagem de uma determinada bacia hidrográfica.

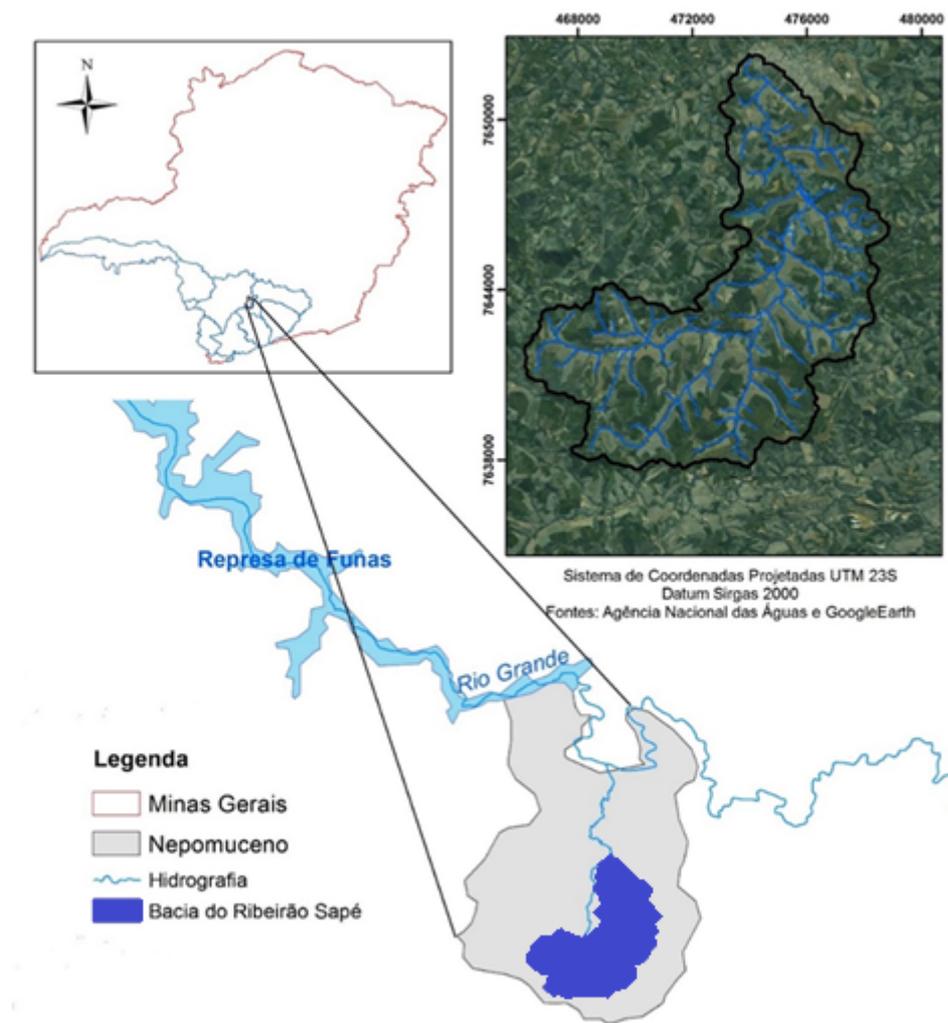
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Local

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de Nepomuceno – MG, mais especificamente na região da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Sapé que por sua vez se encontra inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG), localizada na Região Sudeste do país.

O município de Nepomuceno situa-se ao Sul do Estado de Minas Gerais, com área territorial de 583,78 km², a 843 m de altitude e coordenadas geográficas 21°13'50'' S e 45°10'50'' W. A via principal de acesso é a Rodovia Fernão Dias, BR-381, com distâncias aproximadas dos principais centros urbanos: Belo Horizonte - 230 km; Rio de Janeiro - 455 km; São Paulo - 380 km; Brasília - 1085 km. A localização geográfica bacia hidrográfica de estudo está representada na Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia do Ribeirão Sapé no contexto das Unidades de Gestão da Bacia do Rio Grande.



Fonte: Adaptado de Agência Nacional das Águas e Google Earth® (2017).

3.2. Estimativa de Demanda Hídrica Superficial

Afim de estimar a demanda hídrica superficial da bacia de estudo, foi proposto a análise de dois cenários, as respectivas metodologias adotadas nas estimativas são apresentadas nos itens 3.2.1 e 3.2.2

3.2.1. Estimativa de Demanda Hídrica – Cenário 1

Para o primeiro cenário, inicialmente realizou-se um levantamento dos dados disponibilizados na plataforma SIAM – Sistema Integrado de Informação Ambiental onde foi possível se obter uma lista cadastros de usuários de recursos hídricos para a cidade de Nepomuceno – MG. Esses dados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Cadastros e outorgas de uso de água para a cidade de Nepomuceno - MG.

Nome	Tipo	Vazão (m ³ /h)	Latitude	Longitude
SAAE	CAPTAÇÃO SUPERFICIAL (ABASTECIMENTO)	222	21° 15' 36,9"	45° 14' 30,6"
MILTON SERGIO DE SOUZA	CAPTAÇÃO SUPERFICIAL (IRRIGAÇÃO)	6,61	21° 15' 02,1"	45° 18' 13,9"
RODRIGO PEDRO SILVA	CAPTAÇÃO SUPERFICIAL	0,9125	21° 12' 15,1"	45° 21' 11,1"
LUZ BOA TRÊS	MINI HIDRELÉTRICA		21° 20' 44,1"	45° 10' 18,9"
AVIÁRIO SANTO ANTÔNIO	POÇO TUBULAR (SUBTERRÂNEO)	4,285	21°15' 04,8"	45°12'45"
AVIÁRIO SANTO ANTÔNIO	POÇO TUBULAR (SUBTERRÂNEO)	5,3	21°15'38,5"	45°13'10,2"
AVIÁRIO SANTO ANTÔNIO	POÇO TUBULAR (SUBTERRÂNEO)	3,65	21°12' 16,6"	45° 14' 38,3"
AVIÁRIO SANTO ANTÔNIO	POÇO TUBULAR (SUBTERRÂNEO)	6,8	21° 12' 52,6"	45° 13' 54,2"
AVIÁRIO SANTO ANTÔNIO	POÇO TUBULAR (SUBTERRÂNEO)	5,6	21° 12' 52,6"	45° 13' 54,2"
AVIÁRIO SANTO ANTÔNIO	POÇO TUBULAR (SUBTERRÂNEO)	7,5	21° 13' 58,7"	45° 13' 31,9"
LUCAS PIMENTA VEIGA	POÇO TUBULAR (SUBTERRÂNEO)	10	21° 12' 47,9"	45° 13' 26,9"
JOSE OSVALDO LIMA SALGADO	POÇO TUBULAR (SUBTERRÂNEO)	3	21° 17' 41,2"	45° 11' 44,4"
TOTAL:		289,89		

Fonte: Sistema Integrado de Informação Ambiental - SIAM (2018).

De posse dos dados dos usuários de recurso hídrico da cidade de Nepomuceno e utilizando de ferramentas de SIG, realizou-se uma conferência das coordenadas geográficas, onde foi possível identificar quais usuários se encontravam inseridos dentro dos limites da bacia hidrográfica de estudo.

Como pode-se perceber na Tabela 4 do item 4.1.1, identificou-se que apenas um usuário estava inserido nos limites da bacia hidrográfica, isso se deu devido à escassez de dados fornecidos pelo SIAM. Sendo assim, fez-se necessário aprimorar a estimativa de demanda hídrica superficial por meio do número de pessoas residentes na região e o consumo per capita de água da cidade de Nepomuceno – MG.

De acordo com os dados do IBGE, a zona rural de Nepomuceno – MG conta com uma área de aproximadamente 33.953 ha onde residem cerca de 5.797 habitantes. Afim de se obter o número de habitantes da região de estudo, utilizou-se do princípio da proporcionalidade na qual, se na área rural total da cidade de Nepomuceno reside a população rural total, na área da bacia de estudo reside a população da bacia. Segue equação utilizada nos cálculos:

$$Pop. BH = \frac{(ABH \times Pop. TR)}{ATR}$$

Onde:

- Pop.BH = População residente nos limites da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Sapé.
- ABH = Área total da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Sapé.
- Pop.TR = População total residente na zona rural da cidade de Nepomuceno – MG.
- ATR = Área total da zona rural da cidade de Nepomuceno – MG.

De posse dos dados de população residente na bacia e levando em conta o consumo per capita de água, para o município de Nepomuceno – MG, fornecido pelo SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, podemos chegar na estimativa do consumo de água da bacia. Quando somamos o consumo estimado e os dados de outorga, obtidos através do SIAM, obtemos a demanda hídrica superficial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Sapé.

3.2.2. Estimativa de Demanda Hídrica – Cenário 2

A metodologia utilizada para estimar a disponibilidade hídrica para o segundo cenário é bem parecida com a utilizada no primeiro cenário, porém, ao invés de utilizar-se dados de outorga, utilizou-se do somatório da população urbana da cidade de Nepomuceno com a população rural inserida na bacia de estudo e o consumo per capita fornecido pelo SNIS.

Basicamente, estimou-se a população inserida na bacia hidrográfica pelo mesmo método utilizado no cenário 1, sendo esse somado aos dados de censo fornecidos por IBGE (2010).

Apesar de se empregar uma metodologia bem parecida com a do cenário 1, os resultados obtidos no cenário 2 foram totalmente diferentes, cabendo uma interpretação particular.

3.3. Disponibilidade Hídrica

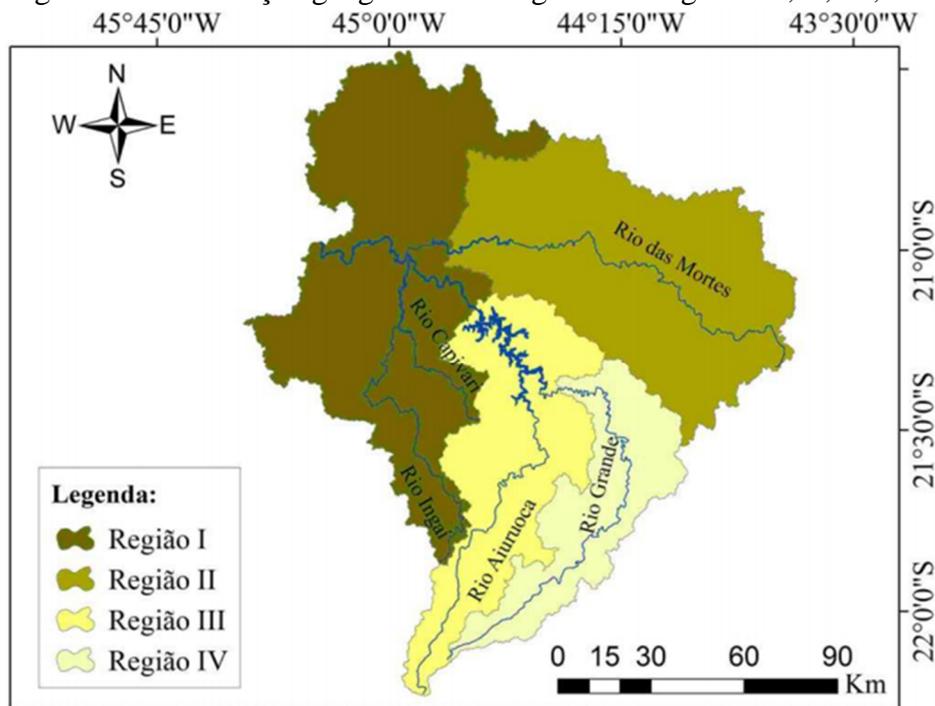
Tendo em vista a inexistência de postos fluviométricos na área de estudo, tornou-se impossível estimar a disponibilidade hídrica de forma direta. Como alternativa, buscou metodologias de regionalização de vazões. Desta forma, adotou-se a regionalização proposta por Oliveira (2013) que se baseou no modelo da Eletrobrás (1985), afim de se obter as equações regionais para a estimativa das vazões $Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95} e Q_{MLT} nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) Alto do Rio Grande (GD1) e Vertentes do Rio Grande (GD2). Tal metodologia foi adotada por se tratar de um trabalho desenvolvido em regiões que abrangem a área estudada.

Como resultado do estudo realizado por Oliveira (2013), temos as equações regionais para estimativa de vazão de referência de quatro regiões homogêneas as quais apresentam as seguintes características:

- Região I: apresenta área de, aproximadamente, 6.967 km² e tem, entre seus limites, nove estações fluviométricas. Tem como cursos d'água principais os rios Ingaí e Capivari, os quais nascem na região I, fazendo confluência com o rio Grande, também na mesma região;
- Região II: apresenta área de, aproximadamente, 6.018 km², a qual foi delimitada entre a região da serra da Mantiqueira, onde nasce o rio das Mortes, até a estação fluviométrica Ibituruna. Tem, entre seus limites, doze estações fluviométricas;
- Região III: delimitada entre a nascente do rio Aiuruoca, na serra da Mantiqueira, até a estação fluviométrica Itutinga, essa região ocupa área aproximada de 3.773 km², onde está localizado o Reservatório 61 de Camargos (CEMIG/UHE-Camargos). Apresenta, entre seus limites, dez estações fluviométricas;
- Região IV: delimitada desde a nascente do rio Grande, também localizada na serra da Mantiqueira, até a estação fluviométrica Madre de Deus de Minas, localizada a montante do Reservatório de Camargos (CEMIG/UHE-Camargos). A área é de, aproximadamente, 2.480 km² e tem um total de nove estações fluviométricas entre os seus limites.

As localizações geográficas das regiões homogêneas são demonstradas na Figura 2.

Figura 2 – Localização geográfica das regiões homogêneas I, II, III, IV.



Fonte: Oliveira (2013).

Afim de se obter as vazões de referência para a bacia hidrográfica do ribeirão sapé, utilizou-se as equações regionalizadas da região I que foi a região que apresentou maior proximidade da bacia hidrográfica de estudo. As equações utilizadas são demonstradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Equações utilizadas para cálculo das vazões de referência para a Bacia do Ribeirão Sapé.

Vazões de Referência (m ³ /s)	Equações
$Q_{7,10}$	$Q_{7,10} = 0,0007 A^{1,2279}$
Q_{95}	$Q_{95} = 0,0018 A^{1,1268}$
Q_{90}	$Q_{90} = 0,0024 A^{1,1244}$
Q_{MLT}	$Q_{MLT} = 0,0074 A^{1,1168}$

Fonte: Oliveira (2013).

Como pode-se perceber, a única variável empregada nas equações para os cálculos das vazões de referência é a área da bacia, isso se dá, pois, segundo Oliveira (2013) a área de drenagem apresentou-se como a variável mais significativa para o ajuste das equações

regionais. Além disso, sabe-se que a obtenção da área de drenagem de uma bacia hidrográfica é simples, o que facilita a aplicação do modelo pelo usuário.

3.4. Prognóstico

A Bacia Hidrográfica, também chamada de bacia de captação ou de drenagem, é oficialmente a unidade territorial de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Consiste em uma área na qual ocorre a captação da água proveniente da atmosfera e a posterior conversão em escoamento, ou seja, água disponível para o consumo.

Sendo a bacia hidrográfica do Ribeirão Sapé, responsável pelo abastecimento público da cidade de Nepomuceno bem como da população rural nela inserida, faz-se necessário analisar a disponibilidade hídrica da bacia em comparação às projeções de crescimento populacional. Isso servirá para prevenir a falta de água na cidade, a secagem de nascentes e minimizar os impactos na bacia.

Para tanto, adotou-se uma projeção de 20 anos, sendo esse período compreendido entre 2019 – 2039.

3.4.1. Projeções de Crescimento Populacional

Para os cálculos de projeção do crescimento populacional, devem-se utilizar os métodos de projeção aritmética e projeção geométrica, para que, posteriormente, seja tomado como base o cenário mais crítico, ou seja, a maior população. As equações utilizadas nos cálculos são demonstradas abaixo.

- Projeção aritmética: Método utilizado para estimativas de menor prazo, no qual o crescimento populacional segue uma taxa constante.

$$P_t = P_0 + (t - t_0) \cdot K_a$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$$

- Projeção geométrica: Método utilizado para estimativas de menor prazo, no qual o crescimento populacional segue função exponencial e a população existente a cada instante.

$$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t-t_0)}$$

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0}$$

Em que:

- P₀ e t₀ = População obtida através dos dados do censo realizado em 1991 pelo IBGE.
- P₂ e t₂ = População obtida através dos dados do censo realizado em 2010 pelo IBGE.
- P e t = População e ano ao qual se deseja fazer a projeção.
- K_a, K_g = coeficientes de cada equação.

Tendo em vista que, tanto a população urbana quanto a população rural, utilizam dos recursos hídricos da bacia, foi considerada nos cálculos de projeção, a soma dessas duas variáveis de população.

Na Tabela 3 contém os dados censitários para o Município de Nepomuceno - MG, segundo o IBGE, os quais foram base para o cálculo das projeções populacionais.

Tabela 3 - Dados demográficos do município de Nepomuceno, MG.

Ano	Pop. Rural (hab)	Pop. Urbana (hab)	Pop. Total (hab)
1991	9489	14580	24069
2010	5797	19936	25733

Fonte: IBGE (2010).

Finalizados os cálculos de projeção, fez-se necessário realizar uma correção do valor obtido para a população rural tendo em vista que, apenas a população rural inserida na bacia faz-se o uso do recurso hídrico nela gerado. Para tanto utilizou-se parcialmente da metodologia descrita no item 3.2.1.

A queda da população rural e o aumento da população urbana seguem uma tendência do país inteiro, no qual os habitantes se direcionam para a sede do município, onde há maior disponibilidade de recursos e oportunidades, esse fato fica claro quando se analisa os resultados obtidos através das projeções populacionais.

3.4.2. Projeção do Abastecimento de Água

Afim de se obter uma projeção de captação de água na bacia, mais próxima da realidade, considerou-se nos cálculos os dados de perda de água na rede de distribuição fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, para a cidade de Nepomuceno.

De posse dos dados de crescimento populacional, valor de perdas na distribuição e consumo per capita, pode-se calcular duas projeções de captação de água na bacia de estudo, uma admitindo uma diminuição gradativa das perdas durante o horizonte adotado e outra admitindo que a porcentagem de perdas se manterá constante ao longo dos próximos 20 anos.

As equações desenvolvidas para execução dos cálculos são demonstradas abaixo:

- Projeção de abastecimento – Sem diminuição de perdas

$$Q_{abt} = \frac{\left((PopU \cdot qm) \cdot (1 + perdasF) \right) + (PopBH \cdot qm)}{24000}$$

Em que:

- Q_{abt} = Vazão necessária para o abastecimento. (m³/h)
 - $PopU$ = Projeção da população urbana para determinado ano.
 - qm = Consumo per capita é o volume de água consumido por habitante dia. (L/hab.dia)
 - $PerdasF$ = Coeficiente fixo de perdas na rede de distribuição de água.
 - $PopBH$ = Projeção da população inserida na bacia hidrográfica para determinado ano.
- Projeção de abastecimento – Com diminuição de perdas

$$Q_{abt} = \frac{\left((PopU \cdot qm) \cdot (1 + perdas) \right) + (PopBH \cdot qm)}{24000}$$

Em que:

- Q_{abt} = Vazão necessária para o abastecimento. (m³/h)
- $PopU$ = Projeção da população urbana para determinado ano.
- qm = Consumo per capita é o volume de água consumido por habitante dia. (L/hab.dia)
- $Perdas$ = Coeficiente variável de perdas na rede de distribuição de água.

- PopBH = Projeção da população inserida na bacia hidrográfica para determinado ano.

Os valores de consumo per capita (qm) e perdas na rede de distribuição, utilizados no cálculo da vazão de abastecimento, foram obtidos através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Os dados de população foram obtidos através das projeções populacionais realizadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Demanda Hídrica Superficial

Utilizando-se da metodologia citada anteriormente, pode-se constatar dois cenários para o valor de demanda hídrica superficial na bacia hidrográfica de estudo. Os resultados podem ser observados a seguir.

4.1.1. Demanda Hídrica - Cenário 1

A Tabela 4 mostra os dados da outorga identificada na região da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Sapé.

Tabela 4 - Outorgas cadastradas na região da Bacia do Ribeirão Sapé.

Nome	Tipo	Vazão (m ³ /h)	Latitude	Longitude
SAAE	CAPTAÇÃO SUPERFICIAL (ABASTECIMENTO)	222	21° 15' 36,9"	45° 14' 30,6"

Fonte: Sistema Integrado de Informação Ambiental - SIAM (2018).

Como pode-se perceber, a única outorga encontrada na bacia hidrográfica de estudo é a de captação superficial da empresa de saneamento. Tal fato não coincide com a realidade tendo em vista que, na região da bacia hidrográfica de estudo residem cerca 1506 habitantes, cuja a água para sobrevivência provém dos mananciais e nascentes da bacia. A partir disso, procurou-se melhorar a estimativa da demanda hídrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Sapé. Na Tabela 5 podem ser observados os resultados obtidos.

Tabela 5 - Estimativa da vazão consumida pela população da Bacia do Ribeirão Sapé.

	Área (ha)	Populaçã o	Consumo per capta	Vazão requerida (l/d)	Vazão requerida (m ³ /h)
Região Rural Total	33953	5797	127,9	802.304,8	33,42
Região da Bacia	8820,3	1506	127,9	192.617,4	8,02

Fonte: Do autor (2019).

Como pode-se notar nas Tabela 4 e 5, a demanda total de água superficial, para o primeiro cenário é de, aproximadamente, 230,02 m³/h. Em termos de uso, tem-se que 96,5 % da demanda é representado pelo uso urbano (abastecimento público), seguido pelo uso da população residente na zona rural da bacia estudada, que representa apenas 3,5 % da demanda total.

4.1.2. Demanda Hídrica - Cenário 2

Para obtenção da demanda hídrica, no segundo cenário, somou-se os resultados de demanda de vazão para a população inserida na bacia com os resultados de demanda de vazão para a população urbana da cidade de Nepomuceno. Ambos os resultados foram obtidos através dos dados censitários fornecidos por IBGE (2010) e o dado de consumo per capita fornecido pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS.

A demanda hídrica estimada no cenário 2 pode ser observada na Tabela 6.

Tabela 6 - Estimativa da vazão consumida pela população da Bacia do Ribeirão Sapé e pela população urbana da cidade de Nepomuceno.

	População	Consumo per capta (l/d)	Vazão requerida (l/d)	Vazão requerida (m ³ /h)
Região Urbana	19936	127,9	2.549.814,4	106,24
Região da Bacia	1506	127,9	192.617,4	8,02
Demanda Total	21442	127,9	2.742.431,8	114,26

Fonte: Do autor (2019).

Pode-se dizer que, para ambos os cenários, os resultados encontrados para demanda hídrica superficial são subestimados e não retratam a real situação do local, pois não levam em consideração o uso da água na atividade agropecuária da região. Além disso, existe a variável perda de água na rede de distribuição que deve ser contabilizada quando se calcula o consumo de água de uma população urbana.

Apesar dos resultados terem sido considerados subestimados, esse fato não interferiu na análise proposta para o trabalho tendo em vista que, a diferenciação de cenários trouxe à tona diversas realidades onde, se adotarmos o cenário mais pessimista, mesmo utilizando um valor subestimado para a demanda hídrica, pode-se notar uma situação bem crítica na qual, a vazão outorgada da bacia obtida através da disponibilidade hídrica ($Q_{7,10}$), não supera a demanda superficial.

4.2. Disponibilidade Hídrica

A partir das equações obtidas por Oliveira (2013), foi possível calcular as vazões de referência $Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95} e Q_{MLT} da bacia hidrográfica do Ribeirão Sapé, tais resultados serviram de base para se mensurar a disponibilidade hídrica da região. Os resultados obtidos são demonstrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Vazões de referência para a Bacia do Ribeirão Sapé.

REGIÃO	ÁREA (km ²)	$Q_{7,10}$ (m ³ /h)	Q_{90} (m ³ /h)	Q_{95} (m ³ /h)	Q_{MLT} (m ³ /h)
BACIA HIDROGRÁFICA	88,20	616,96	1330,50	1008,66	3965,06

Fonte: Do autor (2019).

Considerou-se, para determinação da disponibilidade hídrica superficial da Bacia do Ribeirão Sapé, o valor de 50% da vazão mínima com 7 dias de duração e tempo de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), pois essa é a vazão outorgável que a legislação em vigência no estado de Minas Gerais permite se explorar.

Portanto, aplicando os 50% em cima da vazão ($Q_{7,10}$), calculada através da equação regionalizada proposta por Oliveira (2013), obtemos 308,48 m³/h, valor esse que será considerado, para fins de comparação, como sendo a disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica do Ribeirão Sapé.

4.3. Demanda Hídrica x Disponibilidade Hídrica

4.3.1. Cenário 1

Quando se realiza um comparativo entre os valores obtidos para demanda hídrica e disponibilidade hídrica, percebe-se que a demanda equivale a 74,56 % da disponibilidade.

Analisando o resultado encontrado, percebemos que, apesar de subestimado, o valor obtido para a demanda no cenário 1, pode ser considerado o mais crítico. Nesse cenário, consideramos que em uma situação extrema, a empresa de saneamento da cidade de Nepomuceno, necessitaria captar todo o volume outorgado a ela. É conveniente salientar que, para fins de projetos, é usual que se considere a situação mais crítica encontrada, portanto, o cenário 1, deve ser levado em conta, tendo em vista que a bacia hidrográfica do Ribeirão Sapé tem grande importância para o abastecimento da população residente na cidade de Nepomuceno.

Vale ressaltar que, tanto o valor de disponibilidade quanto o de demanda, foram obtidos através de estimativas as quais possuem erros e incertezas, e que, portanto, devem ser considerados com cautela.

É importante lembrar que o presente trabalho, faz uma comparativo entre disponibilidade e demanda hídrica superficial, não levando em consideração a água armazenada em aquíferos da região. Em futuros trabalhos, pode-se incluir essa variável na análise, fazendo com que os resultados se completem, ficando mais próximos ainda da realidade.

4.3.2. Cenário 2

Quando se analisa os dados obtidos para o segundo cenário, percebe-se que a demanda hídrica superficial representa 37,04 % da disponibilidade, ou seja, 37,52 % menor que o resultado obtido no cenário 1.

Afim de se promover uma melhor discussão, foi proposto algumas projeções populacionais e de vazão, tais projeções geraram duas situações inseridas dentro do cenário 2, os resultados e análises são apresentados a seguir.

4.4. Prognóstico

4.4.1. Projeções de Crescimento Populacional

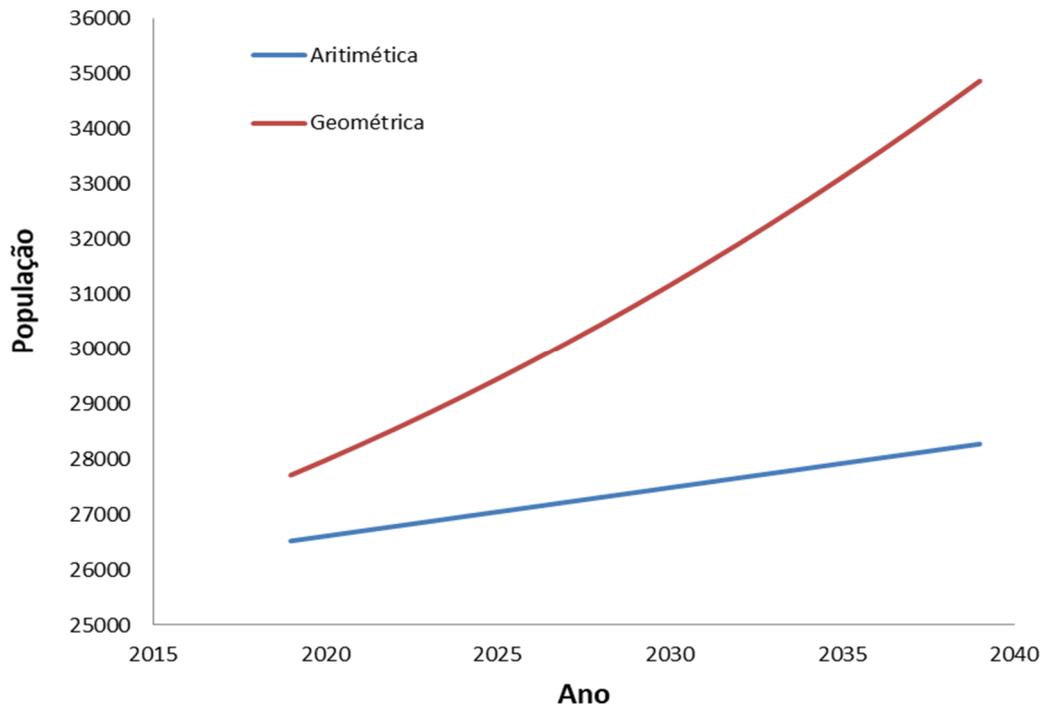
Utilizando-se os dois métodos de projeção populacional, geométrica e aritmética, obtiveram-se os resultados demonstrados na Tabela 8 e na Figura 3.

Tabela 8 - Projeções populacionais com horizonte de 20 anos.

Ano	Progressão Aritmética		Progressão Geométrica	
	Pop. Rural	Pop. Urbana	Pop. Rural	Pop. Urbana
2019	4048	22473	4590	23121
2020	3854	22755	4473	23505
2021	3660	23037	4358	23895
2022	3465	23319	4247	24292
2023	3271	23601	4138	24695
2024	3077	23883	4032	25105
2025	2882	24164	3929	25522
2026	2688	24446	3828	25946
2027	2493	24728	3725	26381
2028	2299	25010	3635	26814
2029	2105	25292	3541	27260
2030	1911	25574	3451	27712
2031	1716	25856	3362	28172
2032	1522	26138	3276	28640
2033	1328	26420	3192	29116
2034	1133	26701	3111	29599
2035	939	26983	3031	30090
2036	745	27265	2954	30590
2037	550	27547	2878	31098
2038	356	27829	2804	31614
2039	162	28111	2732	32139

Fonte: Do autor (2019).

Figura 3 - Gráfico de projeção do crescimento populacional.



Fonte: Do autor (2019)

Analisando as 2 projeções utilizadas e levando-se em conta que devesse considerar o cenário mais crítico como base de dados, utilizou-se, a projeção de crescimento geométrica com uma população total de 34.872 habitantes, em 2039, sendo 2.732 da área rural e 32.139 da área urbana.

4.4.2. Projeção do Abastecimento de Água

Tomando como base, os dados disponibilizados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2017) e utilizando os resultados das projeções populacionais, pode-se obter a projeção de demanda hídrica para abastecimento populacional da bacia hidrográfica. Com intuito de promover uma melhor discussão dos resultados, serão apresentadas duas projeções de vazão de captação.

A primeira, partindo do pressuposto de que as perdas no sistema de distribuição de água tratada estão muito elevadas, desta forma, propõe-se, a diminuição de cinco por cento de perdas a cada cinco anos de projeção.

A segunda, baseando-se no pressuposto de que as perdas no sistema de distribuição de água tratada são razoáveis quando comparadas a média de outros estados, logo adotar-se-á uma projeção de crescimento com uma perda fixa até o fim do período de projeção.

De acordo com os dados disponibilizados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2017), as perdas de água tratada nas redes de distribuição da cidade de Nepomuceno chegam a 40 %. Apesar do valor elevado, esse número não se distancia tanto da média de perda encontrada em outras localidades. Silva (2005) analisou a perda de água em 642 sistemas de abastecimento no estado do Ceará. Os principais resultados mostraram que as perdas foram em média 36% e que em um quarto dos sistemas, as perdas foram iguais ou superiores a 50%.

De acordo com um diagnóstico realizado em vinte sete capitais do Brasil, as perdas na destruição de água podem variar, aproximadamente, de 20 % a 70 % apresentando um valor próximo de 37% como média nacional. As menores perdas são registradas na cidade de Porto Alegre e as maiores na cidade de Macapá SNIS (2015).

Segundo a Associação Internacional da Água - IWA, perda de água pode ser definida como toda perda real ou aparente de água ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional. Nas Tabela 9 e 10, são apresentados os resultados de projeção de abastecimento sem diminuição de perdas e com diminuição de perdas, respectivamente.

Tabela 9 - Projeção de Abastecimento de Água - Sem Diminuição de Perdas. (Continua)

Ano	Projeção Geométrica		Projeção Abastecimento Rural (m ³ /h)	Projeção Abastecimento Urbano (m ³ /h)	Projeção Abastecimento Total (m ³ /h)	Perdas na Rede Distribuição
	População Rural (Bacia Hidrográfica)	População Urbana				
2019	1192	23121	6,35	172,50	178,85	40%
2020	1162	23505	6,19	175,36	181,56	40%
2021	1132	23895	6,03	178,28	184,31	40%
2022	1103	24292	5,88	181,24	187,12	40%
2023	1075	24695	5,73	184,25	189,97	40%
2024	1047	25105	5,58	187,30	192,89	40%
2025	1021	25522	5,44	190,41	195,85	40%
2026	994	25946	5,30	193,58	198,88	40%
2027	969	26376	5,16	196,79	201,95	40%
2028	944	26814	5,03	200,06	205,09	40%
2029	920	27260	4,90	203,38	208,28	40%
2030	896	27712	4,78	206,76	211,53	40%
2031	874	28172	4,66	210,19	214,84	40%
2032	851	28640	4,54	213,68	218,21	40%
2033	829	29116	4,42	217,23	221,65	40%
2034	808	29599	4,31	220,83	225,14	40%
2035	787	30090	4,20	224,50	228,70	40%

Tabela 9 - Projeção de Abastecimento de Água - Sem Diminuição de Perdas. (Conclusão)

Ano	Projeção Geométrica		Projeção Abastecimento Rural (m ³ /h)	Projeção Abastecimento Urbano (m ³ /h)	Projeção Abastecimento Total (m ³ /h)	Perdas na Rede Distribuição
	População Rural (Bacia Hidrográfica)	População Urbana				
2036	767	30590	4,09	228,23	232,32	40%
2037	748	31098	3,98	232,02	236,00	40%
2038	728	31614	3,88	235,87	239,75	40%
2039	710	32139	3,78	239,78	243,57	40%

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 10 - Projeção de Abastecimento de Água - Com Diminuição de Perdas.

Ano	Projeção Geométrica		Projeção Abastecimento Rural (m ³ /h)	Projeção Abastecimento Urbano (m ³ /h)	Projeção Abastecimento Total (m ³ /h)	Perdas na Rede Distribuição
	População Rural (Bacia Hidrográfica)	População Urbana				
2019	1192	23121	6,35	172,50	178,85	40%
2020	1162	23505	6,19	175,36	181,56	40%
2021	1132	23895	6,03	178,28	184,31	40%
2022	1103	24292	5,88	181,24	187,12	40%
2023	1075	24695	5,73	184,25	189,97	40%
2024	1047	25105	5,58	180,61	186,20	35%
2025	1021	25522	5,44	183,61	189,05	35%
2026	994	25946	5,30	186,66	191,96	35%
2027	969	26376	5,16	189,76	194,93	35%
2028	944	26814	5,03	192,91	197,94	35%
2029	920	27260	4,90	188,85	193,75	30%
2030	896	27712	4,78	191,99	196,76	30%
2031	874	28172	4,66	195,18	199,83	30%
2032	851	28640	4,54	198,42	202,95	30%
2033	829	29116	4,42	201,71	206,13	30%
2034	808	29599	4,31	197,17	201,48	25%
2035	787	30090	4,20	200,45	204,64	25%
2036	767	30590	4,09	203,77	207,86	25%
2037	748	31098	3,98	207,16	211,14	25%
2038	728	31614	3,88	210,60	214,48	25%
2039	710	32139	3,78	205,53	209,31	20%

Fonte: Do autor (2019).

Analisando a projeção geradas, onde não se considerou a diminuição das perdas na rede de distribuição, temos que no ano de 2039, a vazão de 243,57, necessária para suprir a demanda da população que utiliza água gerada na bacia de estudo, equivale a 78,95 % da disponibilidade hídrica. Nessa situação, pode-se dizer que a falta de água é eminente devido ao fato de que essa

estimativa é subestimada, sendo necessário um racionamento do abastecimento em conjunto com uma implantação de ações de recuperação da bacia afim de se aumentar a produção hídrica da região.

Em contrapartida, se analisarmos os resultados obtidos através da projeção onde se considerou a diminuição das perdas em 5 % a cada 5 anos, tem-se um cenário mais otimista onde a demanda hídrica, estimada no valor de 209,31, equivale a 67,85 % da disponibilidade. Apesar da demanda apresentar um valor bem abaixo da disponibilidade, essa situação não elimina a necessidade de se buscar soluções para a falta de água na região da bacia.

5. CONCLUSÕES

A Bacia do Ribeirão Sapé representa um importante manancial de abastecimento para o município de Nepomuceno e, também, para a Represa de Furnas a jusante. Cuidar da bacia é fundamental para garantir o bem-estar da população e a sustentabilidade da produção agrícola na região.

De acordo com a análise de disponibilidade e demanda hídrica, proposta em dois cenários distintos, conclui-se que, para os dois cenários a produção de água na bacia é suficiente para atender à população que dela se beneficia.

Levando em conta as projeções populacionais e suas respectivas projeções vazões de captação, percebe-se que caso ocorra o crescimento proposto e caso a produção de água na bacia se mantenha a mesma, no ano de 2039, a cidade de Nepomuceno se encontrará em uma situação de alerta onde a demanda hídrica apresentará um valor muito próximo da disponibilidade fazendo com que seja indispensável a busca por ações de intervenção para se garantir a qualidade de vida da população.

Desse modo, a bacia hidrográfica do Ribeirão Sapé, apresentou-se com um enorme potencial para o desenvolvimento de ações que busquem aumentar a disponibilidade hídrica da bacia aliado a uma diminuição da demanda, sendo esse o início de um novo futuro para a cidade de Nepomuceno – MG.

REFERÊNCIAS

BAENA, L. G. N. et al. Regionalização de vazões com base em modelo digital de elevação para a bacia do Rio Paraíba do Sul. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 612-624, set./dez. 2004.

CARDOSO, C. A. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. **Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro, 1985. v. 1, 202 p.

CHIANG, S.; TSAY, T.; NIX, S. J. Hydrologic regionalization of watersheds: I., methodology development. **Journal of Water Resources Planning and Management**, Dublin, v. 3, n. 1, p. 3-11, 2002.

COELHO, C. A.; CARDOSO, D. H.; FIRPO, M. A. Precipitation diagnostics of an exceptionally dry event in São Paulo, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 125, n. 3-4, p. 769-784, 2015.

EUCLYDES, H. P. et al. Regionalização hidrológica na bacia do Alto São Francisco a montante da barragem de Três Marias, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 81-105, 2001.

FARIA, M. M.; BARROS, K. de O.; BRITO, C. R. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio dos Bagres, Guiricema, MG. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/0246.pdf>>. Acesso em: 18/11/2019.

FERREIRA, G. M. **Regionalização de vazões de referência Q7,10 e Q90. 2010**. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Catálogo do IBGE 1999-2000**. Rio de Janeiro, 2000.

Lei nº 9.433, 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.

MELLO, C.; SILVA, A. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. Lavras: Editora UFLA, 2013. 455 p.

OLIVEIRA, F. A. **Procedimentos para aprimorar a regionalização de vazões: estudo de caso da Bacia do Rio Grande**. 2008. 187 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

OLIVEIRA, V. A. **Regionalização de vazões nas regiões das unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos GD1 E GD2, Minas Gerais.** 2013. 99 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

PAULA, M. M. de; MARTINS, A. P.; SCOPEL, I. Geotecnologias Aplicadas à Análise Fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Preto – Goiás/Brasil. p. 1243 - 1256. 2016.

PINTO-COELHO, R. M.; HAVENS, K. **Crise nas Águas.** Minas Gerais: Recóleo, 2015.

PINTO-COELHO, R. M.; HAVENS, K. **Gestão de recursos hídricos em tempos de crise.** Porto Alegre: Artmed, 2016.

SILVA, D. D.; MARQUES, F. A.; LEMOS, A. F. Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para a bacia do Rio São Francisco. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 17, n. 5, p. 392-403, 2009.

SILVA, F. J. A. Perda de água em sistemas públicos de abastecimento no Ceará. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 26, n. 1, p. 1-11, jun. 2005.

TELLES, A.D. COSTA, R.H.P.G. **Reuso da Água: conceitos, teorias e práticas.** 2º ed. São Paulo, Blacher, 2010.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões.** Porto Alegre: UFGRS. 256 p. 2002.