



Isabella Almeida Costa

**Disponibilidade hídrica superficial e subterrânea em
Assentamentos em Goiás**

**Goiânia
2021**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese

2. Nome completo do autor

ISABELLA ALMEIDA COSTA

3. Título do trabalho

DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA EM ASSENTAMENTOS EM GOIÁS

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **ISABELLA ALMEIDA COSTA, Discente**, em 24/01/2022, às 15:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543](#),

Processo:

23070.016742/2021-61

Documento:

1976375



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Sérgio Scalize, Professor do Magistério Superior**, em 05/02/2022, às 07:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1976375** e o código CRC **445E AFC1**.

Referência: Processo nº 23070.016742/2021-61

SEI nº 1976375



Isabella Almeida Costa

**Disponibilidade hídrica superficial e subterrânea em
Assentamentos em Goiás**

Texto apresentado como requisito para qualificação no Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. **Área de Concentração:** Estrutura e Dinâmica Ambiental. **Linha de Pesquisa:** Análise e Monitoramento de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Scalize

Coorientador: Prof. Dr. Klebber Teodomiro Formiga

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Costa, Isabella Almeida

Disponibilidade hídrica superficial e subterrânea em Assentamentos
em Goiás [manuscrito] / Isabella Almeida Costa. - 2021.

85 f.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Scalize; co-orientador Dr.
Klebber Teodomiro Martins Formiga.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Pró
reitoria de Pós-graduação (PRPG), Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais, Goiânia, 2021.

Bibliografia.

Inclui siglas, mapas, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas, lista
de figuras, lista de tabelas.

1. Reservas aquíferas. 2. Vazão de referência. 3. Vazão específica.
4. Comunidade rural. 5. Demanda Hídrica. I. Scalize, Paulo Sérgio,
orient. II. Título.

CDU 502/504



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **012** da sessão de Defesa de Dissertação de **ISABELLA ALMEIDA COSTA**, que confere o título de Mestre em **Ciências Ambientais**, na área de concentração em **Estrutura e Dinâmica Ambiental**.

Aos **trinta e um dias do mês de março de 2021**, a partir das **16h:30min** realizou-se por videoconferência, no Google Meet: <meet.google.com/xrn-whkc-prm>, a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA EM ASSENTAMENTOS EM GOIÁS”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Paulo Sérgio Scalize (EECA/UFG)** e Coorientador, Professor Doutor **Klebber Teodomiro Martins Formiga (EECA/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor **Nilson Clementino Ferreira (EECA/UFG)**, membro titular interno; Professor Doutor **Raviel Eurico Basso (EECA/UFG)**, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Paulo Sérgio Scalize**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **trinta e um dias do mês de março de 2021**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Sérgio Scalize, Professor do Magistério Superior**, em 31/03/2021, às 18:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nilson Clementino Ferreira, Professor do Magistério Superior**, em 31/03/2021, às 18:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Raviel Eurico Basso, Professor do Magistério Superior**, em 31/03/2021, às 18:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Klebber Teodomiro Martins Formiga, Professor do Magistério Superior**, em 31/03/2021, às 18:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1976352** e o código CRC **5213D26B**.



AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à Deus e à minha família.

Aos meus pais e à minha irmã por todo apoio durante minha jornada acadêmica.

Ao meu pai, Moisés Neto da Costa, por ir à campo tantas vezes comigo, e me oferecer todo o suporte e ajuda necessários para que eu conseguisse desenvolver meu trabalho, dividimos quarto, comida e conhecimentos.

Ao professor Dr. Paulo Sérgio Scalize por toda paciência nas orientações, por ter aberto todos os caminhos em minhas idas à campo, e ajuda em todos os momentos que eu precisei.

Ao professor Dr. Klebber Theodomiro Formiga por estar sempre disposto a sanar as dúvidas e auxiliar nas tomadas de decisões.

Ao professor Nilson por todas as reuniões e ideias que me apresentou ao longo do mestrado, me ajudaram muito na construção deste trabalho.

Dr^a. Nolan Ribeiro Bezerra que me instruiu tão bem na qualificação, e com toda certeza foi essencial para os resultados positivos obtidos na defesa do mestrado.

Ao técnico do Laboratório de Hidráulica, Tomás Simões, por além de me ensinar a manusear o equipamento flowtracker, foi comigo à campo para garantir que eu havia aprendido e sanar todas as dúvidas que só uma experiência em campo é capaz de proporcionar.

À minha amiga Michelle da Silva Honório por compartilhar tantos momentos e viagens para medição de vazão e juntas finalizamos o mestrado, uma ajudando a outra.

À todos os nossos colegas do Laboratório de Análises de Água da UFG que em meio a algumas dificuldades estiveram presentes para ouvir e orientar quando possível.



LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS e SÍMBOLOS

- A - área do aquífero (m^2)
- AA (m^2) - área do assentamento
- ADCP - Acoustic Doppler Current Profiler
- ANA - Agência Nacional das Águas
- b - Espessura saturada média (m).
- CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
- DH - disponibilidade hídrica total subterrânea (m^3/ano)
- De - Disponibilidade Efetiva (m^3/ano)
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- ER - erro relativo (%)
- GRH - Organização Grupo de Recursos hídricos
- HidroWeb - Sistema de Informações Hidrológicas
- I - Percentual de Infiltração (%)
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- Ifi - Índice de Fraturamento Interconectado (%)
- INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
- Ne - Porosidade efetiva ou eficaz (%)
- OMS - Organização Mundial de Saúde
- P - Precipitação média (mm/ano)
- PBAP GO - Planos de Bacias dos Afluentes do Paraíba do Estado de Goiás
- PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos
- PMSB - Planos Municipais de Saneamento Básico
- PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos
- PNSB – Plano Nacional de Saneamento Básico
- Q - vazão dos poços (m^3/ano)
- q - vazão de referência ($m^3/ano.m^2$)
- q_{est} - vazão específica estimada ($L/s.km^2$)
- q_{obs} - vazão específica observada ($L/s.km^2$)
- Re – Reserva explotável (m^3/ano)
- Rr - Reserva renovável (m^3/ano)



Rp - Reserva permanente (m³/ano)

SANRURAL - Saneamento e Saúde Ambiental Rural

SEMAD - Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SGB - Serviço Geológico do Brasil

SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

SIEG – Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SR-04-INCRA - Superintendência Regional 04 do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

SIGHIDRO - Sistema de Recursos Hidrogeológicos do Brasil

SINIMA - Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente

SIPNRH - Sistema de Informações do Plano Nacional de Recursos Hídricos

SISCAH - Sistema Computacional de Análises Hidrológicas

SNIS - Sistema Nacional de Informações de Saneamento

SWAT - Soil & Water Assessment Tool

SWMM - Storm Water Management Model

TOPMODEL - Topography-based hydrological Model

th - taxa de bombeamento (h/dia)

UPGRH - Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

Z - Porcentagem de utilização das reservas permanentes

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Distribuição de publicação de acordo com os países de origem do estudo.	24
Figura 2.2 – Distribuição geral da quantidade de artigos em função da metodologia utilizada...	25
Figura 2.3 – Distribuição da quantidade de artigos em função da metodologia utilizada por fonte.	26
Figura 2.4 – Comparativo entre as metodologias utilizadas no Brasil e Mundo.	30
Figura 3.1 – Distribuição espacial dos assentamentos rurais no estado de Goiás que foram objeto de estudo.....	38
Figura 3.2 – Espacialização dos aquíferos profundos no estado de Goiás e a localização dos Assentados analisados neste estudo.	39
Figura 3.3 – Espacialização dos Aquíferos freáticos em Goiás e das Comunidades Assentadas analisadas neste estudo.	42
Figura 3.4 – Disponibilidade hídrica e demandas para os assentamentos rurais em aquíferos freáticos e profundos.....	55
Figura 3.5 – Vazão específica dos sistemas freáticos e profundos por área das comunidades.....	56
Figura 4.1 – Distribuição espacial dos Assentamentos rurais no estado de Goiás que foram objeto de estudo.....	64
Figura 4.2 – Fluxograma dos métodos utilizados para análise e comparação do erro das vazões específicas.....	65
Figura 4.3 – Classificação das Ottobacias quanto a criticidade disponíveis pelo SNIRH e localização dos assentamentos rurais.	68
Figura 4.4 – Ottobacias disponíveis pelo SNIRH e localização dos assentamentos rurais. ..	71
Figura 4.5 – Distribuição espacial das bacias hidrográficas dos Assentamentos Rurais na UPGRH dos Afluentes Goianos do Médio Araguaia.	73
Figura 4.6 – Comparação entre as vazões específicas regionalizadas (q) e metadados do SNIRH.....	74
Figura 4.7 – Dispersão do erro entre as vazões específicas regionalizadas e metadados do SNIRH.....	75
Figura 4.8 – Distribuição geográfica dos resultados de campo para vazão de referência.....	76
Figura 4.9 – Comparação entre as vazões específicas (q) (L/s.km ²).	77
Figura 4.10 – Comparação entre os erros relativos.....	78



LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Vazão média dos poços amostrados de acordo com sistemas aquíferos.	41
Tabela 3.2 – Vazão média dos poços amostrados de acordo com sistemas aquíferos.	44
Tabela 3.3 – Resumo dos parâmetros utilizados para a disponibilidade.....	46
Tabela 3.4 – Distribuição dos Aquíferos Freáticos nas comunidades.....	47
Tabela 3.5 – Quantidade de famílias nos respectivos assentamentos rurais que fazem uso de fontes Subterrâneas sem informações da existência de sistemas aquíferos freáticos.....	48
Tabela 3.6 – Presença de sistemas aquíferos freáticos sob as áreas territoriais das comunidades rurais.....	49
Tabela 3.7 – Distribuição de poços em razão da composição do sistema aquífero.....	49
Tabela 3.8 – Distribuição das comunidades rurais em razão da disponibilidade.....	50
Tabela 3.9 – Relação da quantidade de aquíferos profundos em assentamentos rurais	51
Tabela 3.10 – Quantidade de uso de aquíferos por meio de poço tubular profundo e a relação com total de famílias em assentamentos rurais do estado de Goiás.....	52
Tabela 3.11 – Relação da quantidade de aquíferos profundos em assentamentos rurais	53
Tabela 4.1 – Classificação dos assentamentos rurais pelo SNIRH.....	69
Tabela 4.2 – Vazão média dos poços amostrados de acordo com sistemas aquíferos.	69
Tabela 4.3 – Classificação dos Assentamentos rurais pelo SNIRH.	71
Tabela 4.4 – Equações de regionalização.....	72
Tabela 4.5 – Comunidades de medição <i>in loco</i> e período de medição.....	76
Tabela 4.6 – Resultados encontrados de disponibilidade hídrica e vazão específica.	80

Sumário

1. CAPÍTULO I	12
1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. PROBLEMA DA PESQUISA	13
3. OBJETIVOS	14
3.1 Geral	14
3.2 Específicos	14
4. ESTRUTURA DO RELATÓRIO DE QUALIFICAÇÃO	14
5. PROPOSTA DE ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	15
5.1 Artigo I	15
5.2 Artigo II	16
5.3 Artigo III	16
6. REFERÊNCIAS	18
2. CAPÍTULO II – ARTIGO 1	20
RESUMO	20
1. INTRODUÇÃO	21
2. MATERIAIS E MÉTODOS	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4. CONCLUSÕES	30
5. REFERÊNCIAS	31
3. CAPÍTULO III – ARTIGO 2	35
RESUMO	35
1. INTRODUÇÃO	36
2. MATERIAIS E MÉTODOS	38
2.1 Área de estudo	38
2.2 Sistemas Aquíferos	39
2.3 Precipitação	43
2.4 Demandas e outorgas	43
2.5 Cálculo da disponibilidade hídrica	44
2.6 Cálculo da vazão específica	46
3. RESULTADOS e DISCUSSÃO	46
4. CONCLUSÃO	57
5. REFERÊNCIAS	58
4. CAPÍTULO IV – ARTIGO 3	61



RESUMO	61
1. INTRODUÇÃO	62
2. MATERIAIS E MÉTODOS	63
2.1 Área de estudo	63
2.2 Regionalização de Vazões	65
2.3 Vazões de referência do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)	67
2.4 Escolha de assentamentos rurais para determinação de vazão	68
2.5 Demandas e outorgas	69
2.6 Medições hidráulicas in loco e determinação da vazão	69
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
4. CONCLUSÃO	82
5. REFERÊNCIAS	82

RESUMO

Em decorrência dos inúmeros casos de problemas de abastecimento populacional devido à baixa disponibilidade hídrica, este assunto tem se tornado uma das referências para o manejo e gestão de água. A falta do desenvolvimento de estudos direcionados a comunidades de assentamentos dificultam este manejo e a realidade das famílias não são conhecidas. Com o objetivo de determinar o consumo e a disponibilidade hídrica superficial, subterrânea e as respectivas vazões específicas, em assentamentos do estado de Goiás foram selecionadas comunidades assentadas da Superintendência Regional 04 do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Foram identificados os aquíferos e as bacias de estudo de acordo com a localização de 62 comunidades. Através da análise de dados e aplicação metodológica foi possível obter as estimativas de disponibilidade hídrica de cada comunidade, utilizando os parâmetros de vazão de referência em 95% do tempo (Q95) e volumes exploráveis dos aquíferos freáticos e profundos, sendo assim, possível o cálculo das vazões específicas para cada recurso analisado. As demandas para consumo e para o desenvolvimento de atividades foram estipuladas a fim de estabelecer correlação ao resultado encontrado. Observou-se que com relação aos recursos superficiais as demandas conseguem ser supridas em 64,52% dos assentamentos, quanto a subterrânea este índice permaneceu em 100% quanto aos aquíferos profundos e 80% para os aquíferos freáticos. Isto demonstra a importância do conhecimento quanto ao uso dos recursos para abastecimento de cada família e que permita que cada uma destas comunidades entenda a situação hídrica e promova o manejo destes recursos hídricos.

Palavras-chave: Reservas aquíferas, Vazão de referência, Vazão específica, Comunidade rural, Demanda Hídrica.



ABSTRACT

Due to the numerous cases of population supply problems due to low water availability, this subject has become one of the references for the management of water. The lack of studies directed at settlement communities makes this management difficult and the reality of the families is unknown. In order to determine the consumption and availability of surface and underground water and the respective specific flow rates in settlements in the state of Goiás, settled communities from the Regional Superintendence 04 of the National Institute for Colonization and Agrarian Reform (INCRA) were selected. The aquifers and study basins were identified according to the location of 62 communities. Through data analysis and methodological application it was possible to obtain estimates of water availability for each community, using the parameters of reference flow rate in 95% of the time (Q95) and exploitable volumes of groundwater and deep aquifers, thus making it possible to calculate the specific flow rates for each resource analyzed. The demands for consumption and for the development of activities were stipulated in order to establish correlation with the results found. It was observed that with regard to surface resources the demands can be met in 64.52% of the settlements, as for the underground resources this index remained at 100% for deep aquifers and 80% for groundwater aquifers. This demonstrates the importance of knowledge regarding the use of resources for the supply of each family and that allows each of these communities to understand the water situation and promote the management of these water resources.

Key-Words: Aquifer Reserves, Reference Flow Rate, Specific Flow Rate, Rural Community, Water Demand.

1. CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

A capacidade dos recursos hídricos em atender e fornecer águas para o desenvolvimento das diversas atividades, inclusas as econômicas, tem se tornado uma recorrente preocupação. A disponibilidade hídrica destes mananciais tem sido amplamente estudada e constantemente discutida no cenário atual, em especial devido às adversidades que vêm modificando o contexto do abastecimento populacional. Algumas regiões do Brasil enfrentam problemas de seca e de acordo com a Agência Nacional de Águas - ANA (2018), a região Nordeste é a que apresenta os mais baixos valores de disponibilidade hídrica, impulsionados pelos baixos índices de precipitação, juntamente com as irregularidades de regimes, além de temperaturas elevadas durante todo o ano. O estado de Goiás, localizado na região Centro-Oeste, apesar de não estar em aparente situação de seca, protagonizou situações de alerta para o desabastecimento na grande Goiânia e especialmente em 2019 após o decreto com medidas preventivas de modo a minimizar a falta de água (GOIÁS, 2019).

A necessidade de gerenciamento destes recursos é embasada por meio da Lei Federal nº 9.433, Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) de 1997 (BRASIL, 1997), onde retrata dentre outros objetivos o de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Como forma de gestão e garantia de atendimento requerido nesta legislação um dos instrumentos necessários é a outorga pelo direito de uso desses recursos. Esta política permite o desenvolvimento bem como a criação de novas leis, políticas públicas, e estudos de disponibilidade a fim de minimizar e identificar possíveis usos conflitantes de água.

A disponibilidade hídrica é uma indicação fundamental para o conhecimento do comportamento dos recursos hídricos em determinada região, a fim de entender a oferta de água, que pode apresentar variações tempo-espaço de acordo com o regime hidrológico. A capacidade e a quantificação hidrológica dentro de uma bacia são os meios de acesso a informações que permitem a gestão adequada e a garantia do abastecimento da população residente.

Nessa linha, sob essa concepção da gestão dos recursos hídricos, destaca-se a integração entre duas áreas relevantes, isto é, recursos hídricos e o saneamento. Após 10 anos da implantação da PNRH, foi estabelecida a Lei Federal nº 11.445 (BRASIL, 2007), da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), que contém as principais diretrizes nacionais relacionadas ao saneamento. Dentre elas, destaca-se a garantia da universalização do acesso a todos os usuários e ao abastecimento adequado de água, incluindo as melhorias em comunidades tradicionais e em comunidades rurais. Assim, reitera-se que a PNRH e a

PNSB apresentam diretrizes semelhantes e complementares, as quais devem ser tratadas concomitantemente de modo a garantir a qualidade e quantidade de água aos usuários. Essa Lei Federal ainda traz como instrumento a elaboração de Planos em âmbito municipal, denominados Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), que são de extrema importância uma vez que fazem parte das diretrizes para alcançar a universalização do saneamento, e incluem serviços e infraestruturas que garantam o abastecimento de água. Estudos de disponibilidade hídrica oferecem suporte para que o poder público tome decisões de forma consciente a fim de certificar o abastecimento dos cidadãos.

Rodrigues e Villela (2015) ressaltam que a crise do abastecimento de água enfrentada na região metropolitana de São Paulo, entre os anos de 2014 e 2015, vem de um ciclo complexo que envolve diversos fatores, como o clima (mudanças climáticas), comportamento das bacias em termos de reserva e captação, tratamento de água e distribuição inadequada (perda na distribuição) que resultam na baixa disponibilidade hídrica dos mananciais, interferindo no fornecimento de água à população.

No México, estudos de Jujnovsky *et al.* (2012) na bacia do Rio Magdalena, realçaram a importância do conhecimento do fluxo daquele rio principal na capacidade de proporcionar água durante o todo o período hidrológico. O que incluiu a identificação dos principais elementos constituintes deste ciclo, a fim da tomada de decisões para a garantia do bem-estar humano e assim, beneficiar a comunidade para o crescimento das suas atividades.

O monitoramento de bacias hidrográficas maiores pode servir como base para a realização de simulações em bacias hidrográficas menores. Na bacia hidrográfica de Forquilha, localizada no semiárido do Nordeste brasileiro, a caracterização dela permitiu gestão de diferentes cenários aplicáveis às menores áreas, possibilitando a caracterização dinâmica de águas superficiais e subterrâneas (BURTE *et al.*, 2009).

No caso das comunidades tradicionais e rurais do Brasil, em especial no estado de Goiás, poucos estudos vêm com o intuito de oferecer abordagens voltadas à essas comunidades. O Projeto de Saneamento e Saúde Ambiental Rural (SANRURAL) é o pioneiro no estado de Goiás, a promover este tipo de conhecimento, e como um dos desdobramentos deste importante plano, a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea será estimada a fim de entender e promover a eficiência na gestão desses recursos (SANRURAL, 2017).

2. PROBLEMA DA PESQUISA

Diante dos estudos apresentados e da necessidade de maiores entendimentos sobre a disponibilidade hídrica, incidentes em comunidades rurais, pode-se verificar que a situação de oferta e demanda dos recursos hídricos que suportam o abastecimento das comunidades de assentados, não são completamente conhecidas, o que implicam na necessidade da realização de estudos que busquem a quantificação e análise superficial e subterrânea desses recursos.

Portanto, o problema da pesquisa apresentada por este trabalho se trata de “A disponibilidade hídrica estimada para as comunidades são capazes de suprir as demandas estimadas?”

A hipótese que embasa esta pesquisa consiste na qual, comunidades de assentamentos vem enfrentando críticos problemas de abastecimento pela deficiência na disponibilidade hídrica de águas superficiais e ou subterrâneas, devido as demandas para consumo e desenvolvimento de atividades econômicas não serem supridas pela disponibilidade hídrica.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

- estimar a disponibilidade de água superficial e subterrânea nos assentamentos rurais do estado de Goiás vinculados ao Projeto SanRural e estabelecer comparações a respeito das outorgas concedidas pelo órgão ambiental, as demandas e correlacionar com os usos conflitantes incidentes na área de estudo.

3.2 Específicos

- estabelecer a relação entre a vazão específica obtida a partir da metodologia utilizada e as aquelas obtidas pela medição *in loco*;
- estabelecer a relação entre demandas subterrâneas e a disponibilidade encontrada em assentamentos, e verificar a influência dos componentes litológicos dos aquíferos na disposição dos pontos de captação utilizados em assentados;
- estabelecer a relação entre as demandas superficiais e a vazão de referência aplicada a comunidade

4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para a estrutura desta dissertação é formada por quatro capítulos sendo que, o primeiro é composto pela introdução geral, o problema de pesquisa, objetivos gerais específicos e a proposta de estrutura da dissertação. O Capítulo II trata-se de um artigo de bibliografia referente a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea em comunidades rurais, levando em consideração as pequenas bacias hidrográficas. O capítulo III é composto por um artigo científico com a apresentação dos dados e análise das discussões da pesquisa para a disponibilidade subterrânea. E no capítulo IV o terceiro artigo onde, constam aquelas análises realizadas referentes a disponibilidade superficial nos assentamentos.

Capítulo II – Levantamento bibliográfico: este capítulo retrata o levantamento bibliográfico, em forma de artigo, sobre as metodologias utilizadas em estimativas de

disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas em comunidades tradicionais, ou rurais, aplicadas a pequenas bacias hidrográficas.

Capítulo III - Disponibilidade Hídrica subterrânea nos assentamentos rurais: este capítulo aborda a quantificação da disponibilidade hídrica potencial das reservas aquíferas dos lençóis freáticos e profundos, considerando os limites geográficos dos assentamentos rurais do estado de Goiás. As demandas requeridas para cada assentamento rural obtida por meio da vazão outorgada por órgão competente e ou por estimativas de consumo per capita de cada família. Onde ocorrerá a análise das coordenadas dos poços perfurados nos assentamentos com os componentes litológicos sob a qual estão inseridos.

Capítulo IV - Disponibilidade Hídrica superficial nos Assentamentos: foi trabalhada a quantificação da disponibilidade hídrica superficial nas bacias das comunidades do estado de Goiás. Sendo que, para fins de confrontação e comparação metodológica aqueles assentamentos inseridos em sub bacias que apresentaram deficiência hídrica, classificadas como preocupantes, críticas e muito críticas, obtidas pelo balanço hídrico inicial realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2007), foram realizadas medições de vazão *in loco*. Esta disponibilidade foi calculada por meio da aplicação de equações de regionalização das vazões de referência, Q_{95} , adotadas pelo órgão ambiental do estado. Do emprego da regionalização possibilitou determinar o quociente da vazão de referência pela área, vazão específica, e estabelecer relação com aquelas verificadas pelas medições *in loco*, a fim de estimar mais fielmente a quantificação da disponibilidade dos assentamentos. De posse das outorgas, obteve-se o cálculo das demandas, propiciando análises dentro da área sob a qual o assentamento incide em uma determinada bacia.

5. PROPOSTA DE ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação final será composta por três artigos que apresentarão os seguintes tópicos:

5.1 Artigo I

O primeiro artigo representa toda a revisão bibliográfica relacionada ao tema de pesquisa sendo que, foram identificados artigos provenientes das buscas de palavras realizadas pela plataforma *Web of Science* e *Scopus*, onde há a abrangência de maiores bases de dados científicos. As buscas de palavras se deram a partir do direcionamento deste estudo, ou seja, deveriam se tratar de artigos correlacionados á cálculos e estimativas de disponibilidade hídrica em comunidades rurais, ou em pequenas bacias para que fosse verificada a metodologia utilizada em cada um deles.

A busca ocorreu para águas superficiais e subterrâneas podendo haver a ocorrência das duas análises em um mesmo periódico. De posse dos artigos foram selecionadas algumas informações como base das análises, tais como ano, país de origem, metodologias

utilizadas. A partir das informações foi possível perceber a distribuição deles com relação os parâmetros selecionadas com relação à metodologia de cada artigo, e verificou-se também a aplicação dessa em uma área de estudo que seja de interesse desta análise.

Assim, foram realizadas discussões a respeito dos resultados obtidos pelos autores na tentativa de constatar e associar a execução delas às condições atuais de desenvolvimento da pesquisa. Isto inclui a falta de monitoramento em bacias hidrográficas pequenas, conseqüentemente a falta de dados que podem ser replicada às comunidades em específico. Portanto, a partir dos resultados obtidos será feita a análise sobre a viabilidade dos seus usos e as variáveis correlacionadas e selecionar aquela que melhor seja aplicada às estimativas da área.

5.2 Artigo II

O segundo artigo abordou a disponibilidade hídrica subterrânea dos assentamentos rurais do estado de Goiás vinculados ao Projeto SanRural. Esses fazem parte da gestão da Superintendência Regional 04 do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) (INCRA, 2019).

Foi realizado o levantamento de dados pelo órgão ambiental fornecedor das outorgas, e de dados coletados pelo projeto SanRural, localizando a existência de fontes subterrâneas de abastecimento das famílias amostradas pelo projeto. Foram considerados como área de estudo subterrâneo os exatos limites administrativos de área das comunidades rurais estabelecidos pelo INCRA.

Após o levantamento de dados pedológicos e litológicos necessários para o cálculo, a disponibilidade hídrica destes locais serão obtidas em duas formas de análise, sendo elas pelos aquíferos freáticos e dos aquíferos profundos. Esta disponibilidade foi trabalhada a partir das estimativas de reservas hídricas, sendo que, foi considerado como volume efetivamente viável aquele calculado como explorável. Também agregou-se estudos sobre a incidência dos tipos de fontes subterrâneas amostradas aos aquíferos incidentes, além da estimativa de demanda hídrica para abastecimento e desenvolvimento econômico de cada família.

Diante destes valores conseguiu-se entender qual a demanda de cada comunidade assentada e a partir da correlação entre a disponibilidade obtida valorar a quantidade de água ainda a ser extraída de cada aquífero, além da possibilidade de análise da estrutura mais utilizada como fonte de abastecimento pelas famílias.

5.3 Artigo III

O terceiro artigo abordou a disponibilidade hídrica superficial dos mesmos assentamentos rurais do estado de Goiás vinculados ao Projeto SanRural. A metodologia aplicada a este estudo foi a regionalização de vazões, neste caso adotada como a vazão de

referência aquela permanente em 95% do tempo, com o objetivo de análise da vazão específica. Vinculadas a este trabalho o levantamento realizado pela ANA por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) do balanço hídrico superficial realizado por microbacias hidrográficas e por trecho de rio (ANA, 2016). Foram consideradas a razão entre usos e a disponibilidade hídrica, esta última foi adotada como a vazão de permanência de 95%. A partir desse levantamento realizou-se a classificação das microbacias hidrográficas em índices de retirada de água, esses índices contêm 5 faixas de gerenciamento sendo elas, excelente, confortável, preocupante, crítica e muito crítica.

De posse das microbacias hidrográficas foram feitos os levantamentos de todas aquelas cujos limites geográficos coincidam com os dos respectivos assentamentos rurais, e serão quantificados inclusive a porcentagem de áreas pertencentes a estas microbacias hidrográficas. Para fins de confrontação de metodologia com visitas a campo foram escolhidos os assentamentos rurais sob às três piores faixas do índice, preocupante, crítica e muito crítica.

Para a aplicação da metodologia de regionalização de vazões serão realizados os levantamentos de cada estação fluviométrica, com dados consistentes e sem falhas, preferencialmente com período mínimo de monitoramento de 5 anos para todo o estado de Goiás. As bacias utilizadas para a construção destas equações serão aquelas encontradas no Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) (GOIÁS, 2015a).

De posse da Q_{95} , calculada pela metodologia, e da vazão específica obtida por ela, serão utilizadas como comparação a vazão específica obtida por medições em campo, e aquela encontrada pelas estimativas de Q_{95} , dos principais rios de Goiás desenvolvida pelo SNIRH e ANA (GOIÁS, 2015b). A disponibilidade hídrica encontrada para cada comunidade rural e a correlação com as respectivas demandas hídricas puderam transmitir a situação real da oferta de água nesses locais. Ao final pretende-se aplicar a disponibilidade hídrica aos limites da comunidade a fim de se estabelecer a relação com a disponibilidade hídrica subterrânea aplicada pela metodologia do segundo artigo.

6. REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**: Cadernos de recursos hídricos 2. Brasília, DF: ANA, 2007. Disponível em: <https://biblioteca.florida.es/sophia/asp/prima-pdf.asp?codigoMidia=15091&iIndexSrv=1>. Acesso em: 17 fev. 2020.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Balço Hídrico Quantitativo**: Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília, DF: ANA, 2016. 1 mapa digital em forma de vetor. Escala 1:1.000.000. Intervalo de tempo: de 12 jan. 2009 a 31 dez. 2015. Datum: SIRGAS 2000 (EPSG:4674). Versão 7.4. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuid=35f247ac-b5c4-419e-9bdb-dcb20defb1f4>. Acesso em: 23 fev. 2019

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual**. Brasília, DF: ANA, 2018. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/portal/publicacao/Conjuntura2018.pdf>. Acesso em: 25 out. 2019.

BRASIL. 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 e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1. Brasília – DF, p. 470-474, 9 jan. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 25 jul. 2019.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1. Brasília, DF, ano 144, n. 5, p. 3-7, 8 jan. 2007. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=08/01/2007&jornal=1&pagina=7&totalArquivos=64>. Acesso em: 14 jun. 2019.

BURTE, Julien; JAMIN, Jean Yves; COUDRAIN, Anne; FRISCHKORN, Horst; MARTINS, Eduardo Sávio. Simulations of multipurpose water availability in a semi-arid catchment under different management strategies. **Agricultural Water Management**, Ceará, v. 96, n. 8, p. 1181–1190, 2009. DOI: 10.1016/j.agwat.2009.03.013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378377409000778>. Acesso em: 17 fev. 2020.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA). **Plano estadual de recursos hídricos do estado de Goiás (PERH/GO)**: produto 5. Revisão Final - Setembro 2015. Goiânia, GO: SECIMA, 2015a. Disponível em: http://www.meioambiente.go.gov.br/images/imagens_migradas/upload/arquivos/2016-01/p05_plano_estadual_de_recursos_hidricos_revfinal2016.pdf. Acesso em: 4 nov. 2018.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA). **Instrução normativa nº 004/2015-GAB**. Define as vazões específicas de referência Q95% para o estado de Goiás com base em Planos de Recursos Hídricos de bacias específicas e dados hidrológicos coletados de séries históricas para uso no cálculo de disponibilidade hídrica [...]. Goiânia, GO, 2015b. Disponível em: <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2016-06/instrucao-normativa-04-2015.pdf>. Acesso em: 14 maio. 2019.

GOIÁS. Decreto nº 9.438, de 30 de abril de 2019. Declara situação de emergência na Bacia do Rio Meia Ponte e define ações para garantir o uso prioritário da água. Goiânia, GO. Governo do Estado de Goiás, 2019. Disponível em: http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina_decretos.php?id=20135. Acesso em: 14 nov. 2019.



INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Brasil). **Assentamentos**. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/assentamento>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

JUJNOVSKY, Julieta; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, Teresa Margarita; CANTORAL-URIZA, Enrique Arturo; ALMEIDA-LEÑERO, Lucia. Assessment of Water Supply as an Ecosystem Service in a Rural-Urban Watershed in Southwestern Mexico City. **Environmental Management**, México, v. 49, n. 3, p. 690–702, 2012. DOI: 10.1007/s00267-011-9804-3. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00267-011-9804-3>. Acesso em: 17 fev. 2020.

RODRIGUES, Cleide; VILLELA, Fernando Nadal Junqueira. Disponibilidade e escassez de água na Grande São Paulo. Elementos-chave para se compreender a origem da atual crise de abastecimento. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 399, 2015. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.111496. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/111496>. Acesso em: 25 out. 2019.

SANRURAL. **Guia de Orientações**: Projeto Saneamento e saúde ambiental em comunidades rurais e tradicionais de Goiás (SANRURAL). Goiânia, Brasil. Gráfica UFG, 2017. Disponível em: https://sanrural.ufg.br/wp-content/uploads/2018/09/Guia_sanrural_final_30_08_2018_web.pdf. Acesso em: 14 jul. 2019.

2. CAPÍTULO II – ARTIGO 1

MAPEAMENTO DAS PUBLICAÇÕES SOBRE A AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA EM PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

RESUMO

Em decorrência dos inúmeros casos de problemas de abastecimento populacional devido à baixa disponibilidade hídrica, este assunto tem se tornado uma das referências para o manejo e gestão de água, tanto quando se refere à disponibilidade superficial quanto à subterrânea. Quando se tratam de áreas e comunidades rurais a falta de conhecimento e de dados sobre os recursos hídricos, podem influenciar diretamente na viabilidade do acesso destas famílias a estes recursos. Sabendo que essas comunidades podem estar em uma bacia hidrográfica pequena, este estudo foi utilizado para realizar o levantamento das metodologias aplicáveis, para estimativas de disponibilidade hídrica voltadas à pequenas bacias hidrográficas. Foram validadas metodologias aplicadas à áreas com boa quantidade de informação hidrológica e aquelas com baixa quantidade de informação hidrológica. Para o início das buscas na Web Of Science e Scopus foram definidas palavras chave que conseguissem abranger artigos que tratassem do cálculo das vazões de fluxo, mínima e fluxo de base, em comunidades localizadas em pequenas bacias hidrográficas. Dessa maneira, foram analisadas as metodologias desenvolvidas nos artigos de forma a selecionar aquela mais adequada ao objetivo da pesquisa, verificando a disponibilidade de dados a serem utilizados em cada uma delas. Verificou-se que nas buscas a mais utilizada foram os softwares de modelagem hidrológica para as estimativas das duas fontes, superficial e subterrânea, sendo este resultado semelhante ao levantado em artigos brasileiros. Percebe-se que o emprego de modelos hidrológicos foi uma metodologia compatível para o uso em pequenas bacias rurais, pois esse método permite inúmeras possibilidades de resultados e de dados de entrada, auxiliando no processo de monitoramento e previsão de cenários.

PALAVRAS-CHAVE: vazão mínima, vazão de fluxo, fluxo de base, bacia hidrográfica, abastecimento de água.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a capacidade dos recursos hídricos em atender à todos os habitantes, tem se tornado objeto de estudos e discussões no cenário atual. Alterações nos recursos hídricos dificultam a garantia no abastecimento populacional. A escassez de água superficial e a superexploração do recurso subterrâneo têm comprometido o abastecimento rural e urbano no município de Boa Esperança, no Espírito Santo (KÜSTER e LEMOS, 2018). Problemas de abastecimento na China, Índia, África do Sul, e Brasil foram relatados pela Organização Grupo de Recursos hídricos (GRH) onde se constataram períodos de secas prolongados, aliados ao crescimento da população e urbanização (MCNABB, 2019).

Neste contexto, uma vez que para se alcançar e garantir a implantação e efetivação das Leis é necessário conhecer o comportamento dos componentes hidrológicos que fazem parte da bacia hidrográfica. A disponibilidade hídrica por sua vez depende desses processos, já que, o conhecimento sobre ela é essencial para a garantir o desenvolvimento e abastecimento presente e futuro. Este tema também vem sendo abordado em pequenas comunidades espalhadas por todo o mundo. No Nepal, a partir dos estudos sobre a disponibilidade superficial, foi possível entender sobre as possíveis causas dos impactos da mudança climática na bacia hidrográfica de Indrawati, auxiliando em posteriores mudanças na gestão dos recursos hídricos pelos agricultores (PRADHANA, SIJAPATIB e BAJRACHARYA, 2015). Já no estado do Ceará, na bacia hidrográfica de Forquilha a disponibilidade hídrica para o abastecimento da população, por águas subterrâneas, foi avaliada de acordo com os diferentes cenários da sua produção econômica, viabilizando estratégias de gestão (BURTE, JAMIN, *et al.*, 2009).

Em locais com baixa disponibilidade e qualidade de água superficial, as demandas por águas subterrâneas podem aumentar de forma significativa. Na Malásia o uso desse recurso subterrâneo está diretamente ligado ao abastecimento doméstico de áreas rurais (NAZARUDDIN, *et al.*, 2016). Esse recurso é o mais utilizado para abastecer e atender às demandas rurais na África Subsaariana (MacDONALD e DAVIES, 2002).

As Comunidades ribeirinhas localizadas no semiárido paraibano conseguiam água por meio de cacimbas e poços, os mesmos eram utilizados para a irrigação, consumo humano e de animais até o final da década de 1990. Essa realidade foi melhorada com a implantação de projetos governamentais de uso da água de chuva, mas ainda sim a população não abandonou as formas anteriores de consumo de água (PEREIRA, 2008). No alto do Jequitinhonha, em Minas Gerais, por meio da análise da disponibilidade e percepção de escassez da água utilizada por famílias rurais, para o consumo e produção, verificou-se a necessidade do trabalho regional e individualizado, já que, foram identificadas dificuldades do

acesso à água por parte da comunidade, incluindo o enfrentamento de escassez hídrica afetando a produção e geração de renda (GALIZONI, *et al.*, 2006).

Assim como no Brasil, outros países também enfrentam problemas devido à dificuldade de acesso à água por comunidades rurais. Apesar da Colômbia apresentar mais de 700.000 unidades de bacia de drenagem, representando mais de 2.000 km³/ano de água, a comunidade rural é a que mais sofre com problemas de quantidade, qualidade e acessibilidade de água no país, sendo quase 40% sem sistema de abastecimento de água (RAMIREZ, *et al.*, 2011).

Desta forma, percebe-se a importância de investigação completa das bacias hidrográficas principalmente as rurais, já que, a população residente pode estar passando por problemas de abastecimento hídrico. As limitações e superexploração dos recursos, causados por atividades humanas, podem ocorrer a medida que não se tem um diagnóstico hídrico desses locais.

Necessita-se entender sobre a disponibilidade hídrica em áreas rurais, já que a inconsistência e a falta de informações, podem ser um fatores limitantes de tomadas de decisão e gestão dos recursos para que as famílias tenham melhor acesso à água (ROA-GARCÍA, *et al.*, 2008). Entende-se também que é necessário o levantamento da disponibilidade de ambas fontes, superficial e subterrânea, uma vez que, fazem parte do desenvolvimento e abastecimento dos grupos rurais.

As bacias hidrográficas são consideradas como uma unidade de gestão, planejamento e conservação do ambiente. Assim, é possível entender as correlações entre bacias hidrográficas e seu impacto no abastecimento de água (DUAN, SUN, *et al.*, 2018). Ao conceituar essas unidades como um módulo estrutural de gestão, podem ser realizadas buscas de estudos localizados no meio rural, com o enfoque em pequenas bacias hidrográficas cujo foco abrandem comunidades rurais e ou tradicionais. Entende-se que elas podem estar inseridas próximas a nascentes, e esta seria a situação mais adversa no desenvolvimento de estudos por não serem objetos de constantes avaliações.

Portanto, o objetivo deste estudo é fazer uma revisão sistêmica das metodologias aplicadas para as estimativas de disponibilidade hídrica superficial e subterrânea em pequenas bacias hidrográficas para aplicação em bacias hidrográficas de comunidades rurais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A aplicação da metodologia de estudo de mapeamento ocorreu da mesma forma como as encontradas em Dodig, Zoric *et al.* (2012), Arvanitou, Ampatzoglou *et al.* (2017) e Tribis, El Bouchti, Bouayad (2018) passíveis de realização em qualquer assunto. Por conseguinte, foram selecionados artigos sobre as estimativas de cálculos de disponibilidade superficial e subterrânea, com o foco em pequenas bacias hidrográficas rurais, um dos locais de residência de comunidades rurais e tradicionais. As buscas por publicações técnico-científicas foram realizadas com base na plataforma *Web Of Science* e *Scopus*, uma vez que se tratam de bases

de pesquisa reconhecidas, onde diversas revistas internacionais a integram se tornando uma fonte abrangente de conhecimento.

Inicialmente, foi realizada a busca por publicações em artigos a partir de palavras-chave definidas de acordo com o objeto de pesquisa e com o tema proposto. Quanto à análise superficial, foram definidas três palavras que representassem o cenário mais crítico do fluxo hídrico em uma bacia, diante disso se estabeleceram as seguintes, “vazão mínima” (*Minimum flow*), “baixo fluxo” (*low flow*) e “fluxo de base” (*baseflow*). Estas se tornaram essenciais para os resultados encontrados.

A essas palavras foram agregados termos de direcionamento de busca para que fizessem referências as características das áreas de estudo, são elas, “pequenas bacias” (*Small basin*) e “abastecimento de água” (*water supply*). Não se aplicaram palavras chaves referentes a “distrito rural” para a busca, pois não houveram significativos resultados. Quanto à análise subterrânea utilizou-se como principal termo “água subterrânea” (*groundwater*), e a ela foi associada ainda “distrito rural” (*rural district*) e “abastecimento de água” (*water supply*). Apesar da busca individualizada foram encontrados artigos de ambos assuntos.

Assim, as palavras-chave em português e inglês: Distrito rural AND abastecimento de água AND água subterrânea e *Rural district AND water supply AND groundwater*; Pequena bacia AND abastecimento de água AND vazão mínima e *Small basin AND water supply AND minimum flow*; Pequena bacia AND abastecimento de água AND baixo fluxo e *Small basin AND water supply AND low flow*; Pequena bacia AND abastecimento de água AND fluxo de base e *Small basin AND water supply AND baseflow*.

A busca foi realizada no mês de março de 2021, e foram excluídos aqueles considerados inadequados ao tema proposto a partir da análise singular de cada resultado obtido, a começar pelo título, seguindo da análise do resumo. Dentre aqueles mais pertinentes, algumas informações extraídas da busca resultam nas seguintes: país de origem, espaço geográfico do estudo, e a metodologia adotada para a avaliação dos recursos, assim como os dados de entrada para aplicação em cada metodologia. Para a primeira informação extraída, país de origem, foi entendido que deveria ser correlacionada a área de estudo, sem relação direta com o local de origem dos autores. As metodologias encontradas foram listadas de acordo a metodologia utilizada para as estimativas de disponibilidade superficial e subterrânea.

O período de busca da pesquisa foi realizado a partir do ano 2000, pois durante o levantamento identificou-se a publicação de Smakhtin (2000), referente à análise de baixo fluxo em bacias hidrográficas com levantamento bibliográfico de 20 anos de pesquisa, com finalização em 1999.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da aplicação metodológica a busca por periódicos foi realizada a partir do ano de 1999 conseguiu-se averiguar a existência de 86 estudos, dentro 266 resultados de busca.

As publicações consideradas relevantes ocorreram entre os anos 2000 a 2019, englobando países como Equador, China, Índia, Colômbia, Estados Unidos, Jordânia, entre outros.

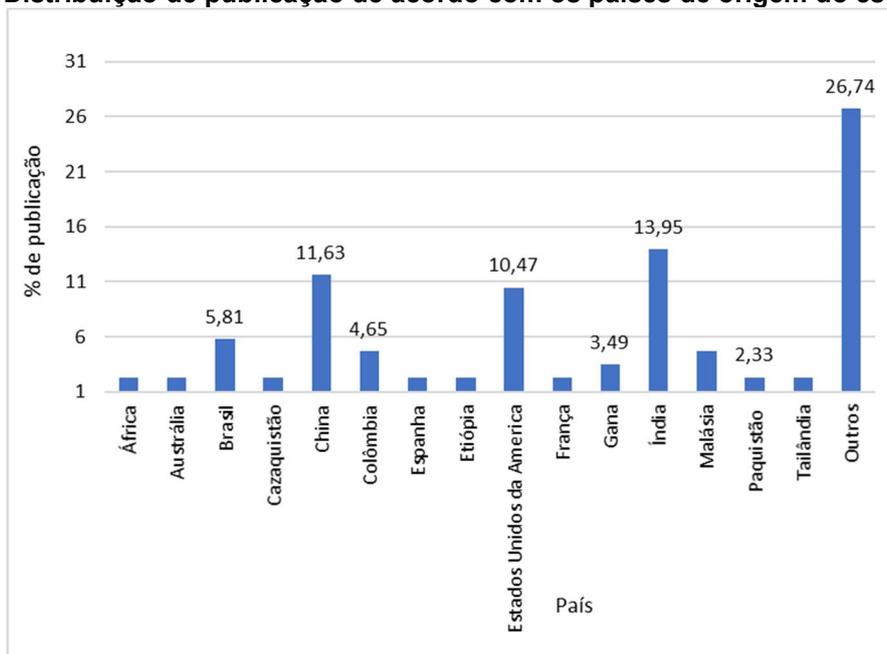
Os artigos selecionados apresentaram como idioma padrão o inglês por se tratar de plataformas cujas revistas indexadas têm como referência para publicação a língua inglesa.

A publicação utilizada como ponto de partida para a continuidade deste estudo foi desenvolvida por Smakhtin (2000), onde o autor realizou a referência bibliográfica obtida pelo levantamento de artigos relevantes para o cálculo de vazões de baixo fluxo. Dentre as estimativas de cálculos abordadas pelo artigo, no período de 20 anos de pesquisa, destacam-se aquelas aplicáveis a bacias hidrográficas não aferidas, ou seja, aquelas que não possuem dados concisos de registros hidrológicos.

As técnicas mencionadas por Smakhtin (2000) auxiliaram no entendimento das práticas adotadas no contexto dos estudos realizados em bacias hidrográficas com pouca produção de dados.

Os artigos considerados para esta revisão situaram-se em bacias hidrográficas de estudo em 38 países diferentes, tais como, Estado Unidos, Índia, Iêmen, Paquistão, China, Canadá, Itália, Grécia. Por meio da descrição da quantidade de artigos para cada país observa-se a presença de 15 países que possuem de dois a 12 artigos publicados referentes à busca, os demais contemplam apenas uma publicação e não foram inseridos no gráfico. Desse modo, verifica-se que em destaque com o número máximo de artigos publicados, 13,95%, são de artigos da Índia, seguidos de 11,63% da China, 10,47% dos Estados Unidos da América, 5,81% de Brasil, 4,65% da Colômbia e Malásia, 3,49% de Gana, e os demais representando 2,33% estão África, Austrália, Cazaquistão, Espanha, Etiópia, França, Paquistão e Tailândia, conforme Figura 2.1.

Figura 2.1 – Distribuição de publicação de acordo com os países de origem do estudo.



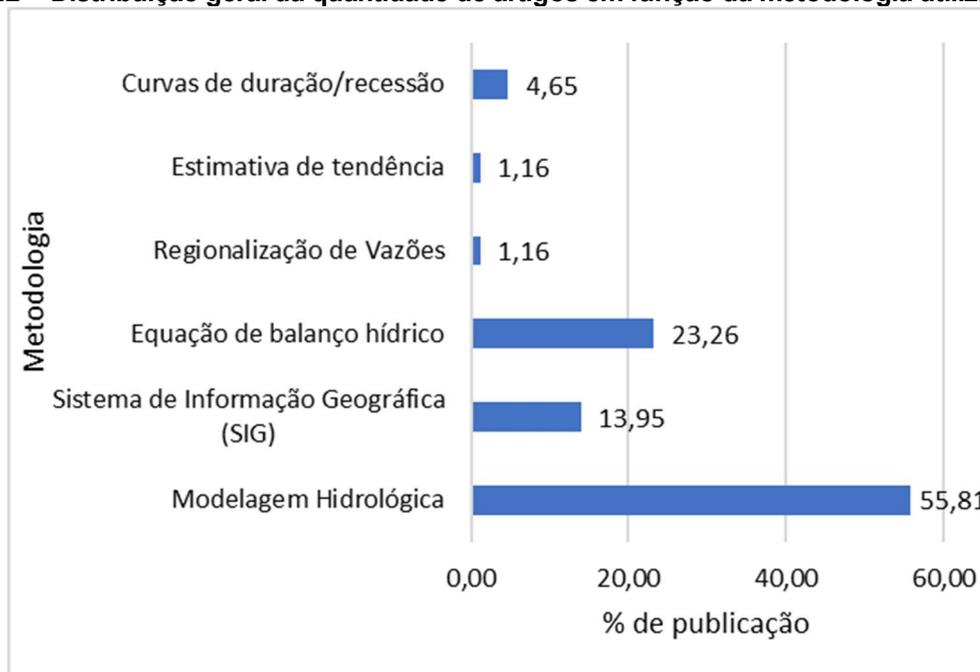
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os demais países, com uma publicação, estão localizados no Continente Africano, Ásia, América, Europa e Oceania.

Quanto ao período de publicação, verificou-se que no período de buscas, 2000 a 2021, não foram identificados artigos de interesse para a pesquisa nos anos de 2002 e 2005, nos demais há pelo menos um artigo publicado, com ênfase no ano de 2017, com o total de 12 publicações, representando 13,95%. O ano de 2012 se tornou o segundo maior em quantidade de publicações com 9,30%, seguido de 2013 e 2020, 8,14%. Em contra partida, de 2000 a 2005 as publicações apresentaram os menores percentuais, com exceção de 2007 e 2014.

Por meio do levantamento realizado dos artigos relevantes para este estudo conseguiu-se observar que houveram diferentes metodologias aplicadas para a quantificação da disponibilidade hídrica nas fontes superficiais e subterrâneas. Em geral, as metodologias se concentraram-se na utilização de modelos hidrológicos, 55,81%, equações de balanço hídrico, 23,26%, e na aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), 13,95%, para a análise dos recursos hídricos (Figura 2.2). Contudo, é possível identificar outras metodologias.

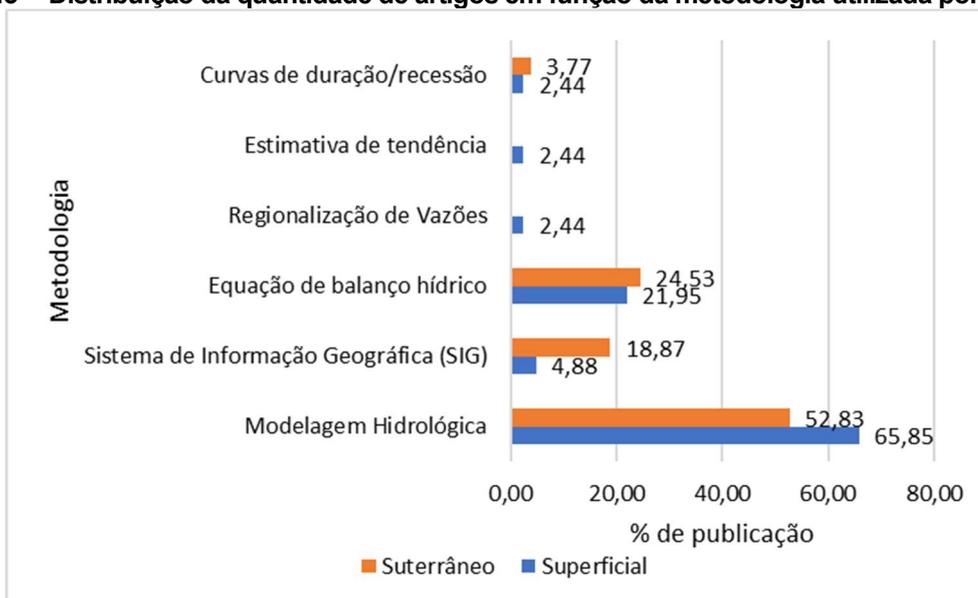
Figura 2.2 – Distribuição geral da quantidade de artigos em função da metodologia utilizada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ao analisar separadamente as metodologias encontradas de acordo com a fonte de estudo, superficial ou subterrânea (Figura 2.3), percebe-se que ambas possuem a maioria das publicações em modelos hidrológicos, seguidas do balanço hídrico, e Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Não foram encontrados estudos para as estimativas de fluxos subterrâneos quanto à Estimativa de Tendência e Regionalização de Vazões.

Figura 2.3 – Distribuição da quantidade de artigos em função da metodologia utilizada por fonte.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A construção de curvas de permanência, consistem em análises de um período de dados, construção de uma curva de relação entre vazão em porcentagem de tempo. Os autores Yang, Choi e Lim (2018) aplicaram a construção dessa relação para a determinação do fluxo de base em pequenas bacias hidrográficas da Coreia do Sul, e a partir dela selecionaram períodos de recessão de fluxo para determinação de constantes de recessão, utilizando dados de séries históricas de chuva-vazão monitoradas por quase 30 anos. No estudo foram adotados como os períodos de recessão os de seca, aplicados a seis métodos estatísticos diferentes. Pela comparação dos métodos foi possível definir fluxo basal em duas bacias hidrográficas de 13 ha e 22 ha com composição florestal diferentes.

A curva de permanência também foi empregada em estudos na bacia hidrográfica de Black Volta em Gana com o objetivo de determinar a vazão mínima. Foram adotadas para as análises dados com 20 anos de monitoramento, e empregados em diferentes análises estatísticas de distribuição normal de fluxo, a partir dessas análises as vazões mínimas de Q_{95} a Q_{99} foram tabuladas e associadas aos fluxos de base de contribuição do aquífero. Por meio da ocorrência dos baixos escoamentos percebeu-se que a vazão mínima observada na bacia hidrográfica com 33,302 km² é suficiente para abastecimento sustentável dos usos observados na área de estudo (KANKAM *et al.* 2013).

Na Bacia Hidrográfica de Jhikhu Khola no Nepal, os escoamentos mínimos, médios e máximos, foram definidos por meio de testes para avaliação de tendência hidroclimática. Os testes tratam-se dos métodos estatísticos não-paramétricos de Mann-Kendall, Rho de Spearman, aplicados em séries históricas de precipitação e escoamento. Por meio dos testes Gautam, Acharya e Thaludar (2010) identificaram que na bacia de 111,77 km² há tendências sazonais na precipitação da região principalmente em períodos de monções e pré-monções, assim como identificado quanto ao escoamento. No entanto observou-se que houve aumento

de escoamento em época de estiagem mesmo que o moradores locais tenham a percepção de mudança no regime hidrológico. A obtenção de dados provindo do monitoramento do recurso hídrico transpassou confiança pelos moradores no resultado final, facilitando quaisquer planos de gestão.

Em bacias no arquipélago Ártico, no Canadá, devido à falhas de dados e quantidade de estações reduzidas para monitoramento, a regionalização foi a alternativa utilizada para quantificar as vazões médias anuais, máximas e mínimas diárias. Elas foram calculadas para onze bacias hidrográficas com áreas que variam de 17,713 km² a 3.649,00 km² com um conjunto de dados de 22 anos. O uso da regionalização por meio da regressão linear permitiu verificar as variáveis mais influentes no regime de vazão e assim diminuir os erros da estimativa. Os erros da estimativa tenderam a ser maiores em bacias hidrográficas menores mas ainda sim ofereceu um bom resultado quando comparado a outros estudos (SPENCE; BURKE, 2008).

As equações de balanço hídrico foram o segundo maior no levantamento, nos estudos de Harada, Tsuge e Mariño (2001) utilizam equações que simulem a interação do fluxo subterrâneo e superficial. A partir da aplicação das equações de continuidade, do aquífero e a do canal aberto na bacia aluvial estudada, aliados a experimentos em laboratório permitiu a avaliação da vazão mínima e os efeitos relação rio e aquífero.

A equação geral de balanço hídrico também foi adotada por Ochoa *et al.* (2017) com o intuito de estabelecer relação entre as águas subterrâneas e superficiais e totalizar a disponibilidade hídrica em uma bacia hidrográfica da Colômbia, de 614,5 ha ou 6,145 km². Para a equação foram necessários dados hidroclimológicos, e hidrogeológicos, sendo os de precipitação monitorados por 25 anos. Ainda que o modelo de equação seja simples o estudo permitiu verificar a validação em microbacias com poucas informações, mediante comparação aos modelos utilizados na hidrologia.

Na sub-bacia de Bulang, na China, a quantificação das interações entre as águas superficiais e subterrâneas ocorreu por meio de uma série de monitoramento de poços durante um ano. Além do monitoramento dos níveis do lençol freático para determinação da vazão, Yang *et al.* (2013) também trabalharam com a temperatura, precipitação, características hidroquímicas e isotópicas da água, condutividade elétrica, e aplicados em equação de balanço de massa. As medições aliadas ao balanço hídrico auxiliaram na indicação das direções de fluxo da bacia, entendimento do comportamento do lençol freático, e as contribuições que as águas subterrâneas têm na descarga para o rio.

Na bacia do rio Pinios, na Grécia, para lidar com a demanda por irrigação a quantificação da disponibilidade hídrica subterrânea, oferta e demanda, foi calculada a partir da análise de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de múltiplos parâmetros e fluxo de balanço de energia, dessa forma os autores desenvolveram indicadores de contabilidade de água. Utilizou-se seis anos como período verificação dos dados, para auxílio e em caráter comparativo foram

realizadas medições de água subterrânea e análise de imagens de satélite. Após dois anos de estudo na bacia hidrográfica conseguiu-se entender os processos de recarga do aquífero e identificar possíveis gestões insustentáveis da bacia hidrográfica (ALEXANDRIDIS *et al.*, 2013).

Na Índia o SIG também foi utilizado a partir de uma abordagem integrada na bacia hidrográfica do rio Meenachil de 226,44 km², onde o principal abastecimento de água potável ocorre por águas subterrâneas. A partir de dados espaciais de litologia, declividade, uso e cobertura do solo, geomorfologia, construiu-se um mapa de potencialidade e de qualidade das águas de poços a partir da interação das camadas. A abordagem dessa metodologia, apresentando o resultado em forma de mapa, pode auxiliar de forma mais eficaz o entendimento das autoridades competentes na gestão e alocação de recursos para evitar a escassez de água.

A calibração por meio da infiltração e de águas subterrâneas para quatro bacias hidrográficas nos Estados Unidos, de 8,33 km² a 23,15 km², foram construídas a partir de dados do Sistema de Informação Geográfica (SIG), medições de campo aliados a um modelo dinâmico chuva-vazão. O conjunto de dados iniciais para o desenvolvimento ocorreu a partir do processamento Arcgis, com a extração dos parâmetros uso e ocupação do solo, área, inclinação, infiltração, impermeabilidade e comprimento do escoamento. Com o auxílio de um Modelo EPA SWMM (*Storm Water Management Model – SWMM*) os resultados são demonstrados em forma de curvas de excedência da duração do fluxo e da frequência. No entanto, percebeu-se que o fluxo de base medido em campo obteve melhor ajuste, devido a expressiva quantidade desse fluxo e do volume de interfluxo não modelado pelo SWMM. Verificou-se as mudanças na composição geológica dos aquíferos propiciaram em calibrações assertivas ao longo da curva de duração do fluxo (DAVIS; ROHRER; ROESNER, 2007).

Os modelos hidrológicos se mostraram como a metodologia mais utilizada, na França para a simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica o modelo hidrológico aplicado foi o denominado J2000. O modelo utiliza informações, com mais de 30 anos de monitoramento, de uso da terra na simulação do balanço hídrico tais com dados de entrada tais como: escoamento total em estações, componentes de escoamento, evapotranspiração e umidade do solo. Possibilitou quantificar o escoamento superficial, fluxo de base e interfluxo, analisando as interferências da taxa de ocupação na bacia. A modelagem permitiu verificar a satisfatoriedade dos resultados em bacias hidrográficas pequenas e densamente urbanizadas, como o abordado no estudo, com área total de 150 km² (YZERON *et al.*, 2013).

O SWAT (Soil & Water Assessment Tool) foi aplicada para determinar a quantidade de água superficial na bacia hidrográfica de Phuthiatsana do Sul. A partir do balanço hídrico, utilizando uma base de dados de 22 anos foi possível identificar a precipitação, fluxo de base, escoamento superficial e a infiltração de aquíferos freáticos e profundos, essa proporção permitiu melhor gestão dos planos de irrigação na bacia hidrográfica de 1.116,00 km² (MALIEHE; MULUNGU, 2017). Na bacia hidrográfica de Armur, na Índia, o mesmo modelo foi

utilizado para a quantificação das mudanças hidrológicas ocasionadas pelas mudanças climáticas, utilizando dados de entrada tais como: declive, classes de solo e cobertura do solo, além de dados climáticos regionais. A área de estudo de 20,319 ha apresentou resultados satisfatórios quanto à análise de cenários do balanço hídrico, possibilitando as futuras tomadas de decisão para a gestão da bacia hidrográfica (PANDEY; GOSAIN e KHARE, 2017).

Fleischbein *et al.* (2006) aplicaram em três bacias hidrográficas de 10 ha ou 0,1 km², no Equador, TOPMODEL (*Topography-based hydrological MODEL*) para os fluxos de superfície e aliados à ele realizaram medições das variantes hidrológicas em campo por quatro anos. Entre as variantes obtidas em campo estão precipitação, queda, fluxo de tronco (armazenamento da precipitação em troncos) e fluxo da superfície. O balanço hídrico proporcionado pela junção das metodologias de campo e a modelagem ofereceram ao estudo base de dados confiáveis para a validação do estudo.

Um modelo de interação entre fluxos superficiais e subterrâneos denominado Sistema de Modelagem Integrado de Origem (*Source Integrated Modelling System*). Os componentes necessários para a aplicação no modelo são observados como fluxo de troca natural, fluxo de extração das águas subterrâneas, fluxo de mudanças de recarga de aquíferos e fluxo de evapotranspiração. Assim, consegue-se contabilizar de forma explícita todas as interações entre os recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, melhorando portanto a gestão dos recursos (RASSAM, 2011).

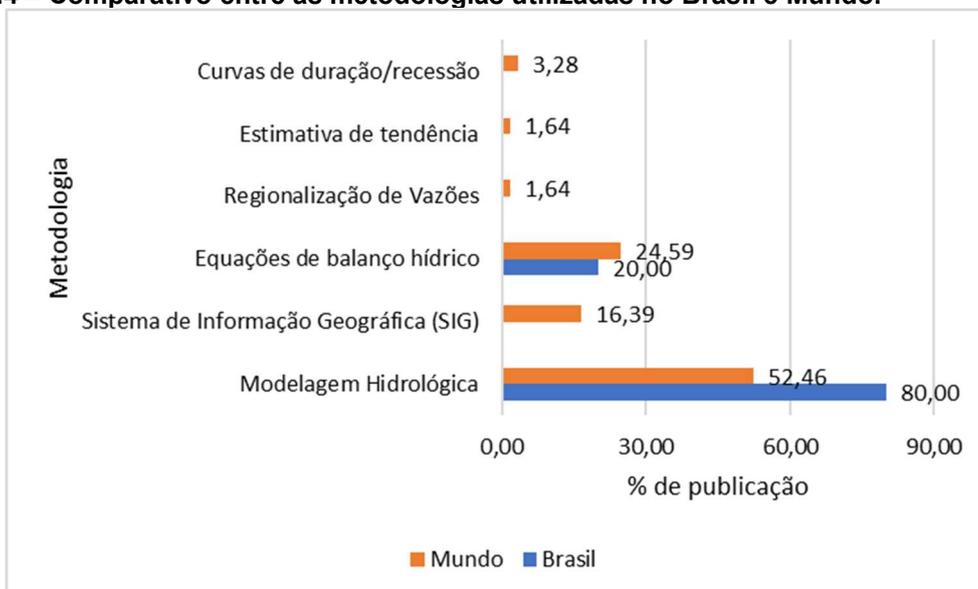
Percebe-se que há inúmeros modelos hidrológicos para os diferentes objetivos de pesquisas e proposição de cenários, de acordo com esse levantamento os mais abordados tratam-se do SWAT (Soil & Water Assessment Tool), SWBM (spatial water budget model), WRF (Weather Research Forecast), IFAS (Integrated Flood Analysis System), MIKE SHE/MIKE 11 dentre outros. Há ainda a combinação de metodologias, principalmente ao agregar resultados do levantamento obtido por SIG (Sistema de Informação Geográfica), SR (Sensoriamento Remoto) e monitoramento em campo aos dados de entrada dos modelos hidrológicos como forma de validação dos parâmetros. A combinação de métodos pode promover a complementação das análises e trazer melhor precisão dos resultados.

Diante dos resultados favoráveis deste trabalho e sua aplicação a pequenas bacias hidrográficas, Smakhtin (2000) traz em seu estudo o enfoque da revisão em locais sem medição. De acordo com o autor são incluídas nas estimativas os métodos matemáticos, por meio da abordagem de regressão regional, para esse deve-se incluir a seleção de uma característica da bacia hidrográfica para modelo de regressão, definição de regiões hidrologicamente homogêneas e construção de modelo de regressão que podem envolver variáveis climáticas. Métodos gráficos por meio da construção de curvas regionais para previsão de baixo fluxo. Técnicas de interpolação utilizado na construção de mapas, grades, perfis, e por último a aplicação de métodos de simulação de séries temporais de fluxo sintético. A revisão aborda todos os principais trabalhos e variáveis envolvidas em cada tipo de análise.

Apesar de o autor, Smakhtin (2000), ter classificado as metodologias de forma diferente da retratada neste trabalho foi possível perceber correlação entre os métodos de análise. Sendo assim, a modelagem hidrológica associada a simulação de fluxo sintético e a construção de modelos de regressão. O SIG pode ser associado às técnicas de interpolação. As curvas de duração de fluxo/recessão e estimativas de tendência estão associadas aos métodos gráficos. A regionalização e as equações de balanço hídrico estão inseridas nos métodos matemáticos.

Conforme é apresentado na Figura 2.4, ao estabelecer relação entre os resultados obtidos no Brasil e demais países verificou-se que, diante de todas as metodologias, os artigos do Brasil estiveram em apenas duas delas. Coincidentemente apresentaram o mesmo comportamento, sendo, abordagem maior de publicações em modelagem hidrológica, seguidos de equações de balanço hídrico.

Figura 2.4 – Comparativo entre as metodologias utilizadas no Brasil e Mundo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Diante da amostragem encontrada na Figura 2.4, verifica-se que o Brasil está seguindo o padrão de desenvolvimento das pesquisas de acordo com o encontrado no mundo. Ainda que o país apresente déficit em quantidade de estações de medição, há inúmeros modelos que, a partir do objetivo de pesquisa, podem ser ajustados a fim de fornecer o melhor resultado de acordo com as condições e disponibilidade dos dados de entrada.

4. CONCLUSÕES

Para as pesquisas de disponibilidade hídrica em águas superficiais e subterrâneas, conseguiu-se chegar nas principais metodologias empregadas em estudos de recursos hídricos. Os modelos hidrológicos se destacaram no levantamento em ambas fontes, superficiais e subterrâneas, como a mais utilizada, permanecendo em segundo lugar as equações de balanço hídrico.

Todas as metodologias encontradas podem ser bem aplicadas para bacias hidrográficas rurais com áreas pequenas, sendo que, a regionalização, as curvas de duração, estimativas de tendência, e o balanço hídrico são métodos cujos dados de análise são em teoria menos complexas, e não requerem multiplicidade de dados. No entanto, quando a metodologia de regionalização verificou-se que erros maiores de estimativas foram encontrados em bacias pequenas, desta forma, é necessário validar os resultados obtidos pela aplicação desta metodologia por meio de comparação com outra. Ainda que sejam necessários alguns ajustes as metodologias citadas podem fornecer resposta satisfatória em casos onde não há monitoramentos constantes e os dados são escassos.

Diante desse processo é necessário entender a área de estudo, avaliar os dados necessários para a aplicação de cada um dos métodos já que, mediante limitação de cada bacia hidrográfica deverá ser analisada a melhor alternativa no intuito de fornecer resultado mais condizente com a realidade do local.

Nos artigos em questão observou-se a constante preocupação na gestão dos recursos hídricos por meio da junção de uma ou mais metodologias, com o enfoque na necessidade de monitoramento realizado em campo, para conhecimento sobre o comportamento hidrológico de forma singular. Para isso no entanto, é necessário o aumento do monitoramento em pequenas bacias, principalmente as do meio rural, para que as comunidades não fiquem desassistidas e os gestores possam compreender qual a situação do abastecimento de água das famílias e propor alternativas que melhorem a qualidade de vida.

5. REFERÊNCIAS

ALEXANDRIDIS, Thomas; PANAGOPOULOS, Alexandros; GALANIS, Giorgos; ALEXIOU, Ioannis; CHERIF, Ines; CHEMIN, Jean-Yves; STAVRINOS, Eleftherios; BILAS, George; ZALIDIS, George, 2013. Combining remotely sensed surface energy fluxes and GIS analysis of groundwater parameters for irrigation system assessment. **Irrigation Science**, v. 32, p. 127-140, 2013. Doi: 10.1007/s00271-013-0419-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00271-013-0419-8>. Acesso: dez. 2019

ARVANITOU, Elvira Maria; AMPATZOGLU, Apostolos; CHATZIGEORGIU, Alexander; GALSTER, Matthias; AVGERIOU, Paris. A Mapping Study on Design-Time Quality Attributes and Metrics. **The Journal of Systems & Software**, v 127, p. 52-77, Janeiro 2017. DOI: 10.1016 / j.jss.2017.01.026. Acesso: nov. 2019

BRASIL. Lei Federal nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e outras providências. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Diário Oficial da União DOU, Brasília, DF, 09 jan. 1997, Seção 1, p. 470-474.

BRASIL. Decreto nº 6040, D. 7. D. F. D. 2. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais, 7 fev 2007.

BURTE, Julien; JAMIN, Jean-Yves; COUDRAIN, Anne; FRISCHKORN, Horst; MARTINS, Eduardo Sávio. Simulations of multipurpose water availability in a semi-arid catchment under



different management strategies. **Agricultural Water Management**, Holanda, v. 96, p. 1181–1190, 2009. DOI:10.1016/j.agwat.2009.03.013. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/agwat>. Acesso: fev. 2020.

DAVIS, J. P.; Rohrer, C. A.; & Roesner, L. A. Calibration of Rural Watershed Models in the North Carolina Piedmont Ecoregion. **World Environmental and Water Resources Congress**, 2007. doi:10.1061/40927(243)574

DODIG, Dejan; ZORIC, Miroslav; KOBILJSKI, Borislav; SAVIC, Jasna; KANDIC, Vesna; QUARRIE, Steve; BARNES, Jeremy. Genetic and Association Mapping Study of Wheat Agronomic Traits Under Contrasting Water Regimes. **International Journal of Molecular Sciences**, (online), v. 13, p. 6167-6188, Maio 2012. DOI: 10.3390/ijms13056167. Disponível em: <https://www.mdpi.com/journal/ijms>. Acesso: nov. 2019.

DUAN, Kai; SUN, Ge; CALDWELL, Peter V; McNULTY, Steven G; ZHANG, Yang. Implications of Upstream flow availability for watershed surface water supply across the conterminous United States. **Journal of The American Water Resources Association**, Estados Unidos, p. 1-14, 2018. DOI: 10.1111 / 1752-1688.12644. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12644>. Acesso: fev 2020.

FLEISCHBEIN, Katrin; WILCKE, Wolfgang; VALAREZO, Carlos; ZECH, Wolfgang; KNOBLICH, Klaus. Water budgets of three small catchments under montane forest in Ecuador: experimental and modelling approach. **Hydrological Processes**, v. 20, p. 2491–2507, 2006. DOI: 10.1002/hyp.6212. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hyp.6212>. Acesso: nov. 2019

GALIZONI, Flávia Maria; RIBEIRO, Eduardo Magalhães; LIMA, Vico Mendes Pereira; SANTOS, Isaías Fernandes dos; CHIODI, Rafael Eduardo. Consumo de água, estratégias produtivas e escassez hídrica: Um levantamento preliminar com famílias no Alto Jequitinhonha. **Research in Agricultural & Applied Economics**, v. 20, p. 2491–2507, 2006. DOI: 10.22004/ag.econ.148164. Acesso: mar. 2021

HARADA, Morihito; TSUGE, Yusuke; MARIÑO, Miguel. Effects of stream-aquifer interaction on stream condition in an alluvial basin. **Air and Water Resources**, Califórnia, v. 272, p. 1555-1567, 2001. DOI: 10.1016/j.envsoft.2011.07.019. Disponível em: www.elsevier.com/locate/envsoft. Acesso: jan. 2019

KANKAM-YEBOAH, Kwabena; LOGAH, Frederick Yaw; AMISIGO, Barnabas; BEKOE, Emmanuel Obeng; D. Ofori; JA Akudago. Low flow analysis of the black volta river at Lawra in Ghana. **Journal of Environmental Hydrology**, Gana, v. 21, n. 2, 2013. Disponível em: <http://www.hydroweb.com>. Acesso: nov. 2019

KÜSTER, Ivanildo Schimith.; LEMOS, Ediu Carlos Lopes. Uma análise da super exploração das águas subterrâneas no município de Boa Esperança – ES. **Natureza Online**, Espírito Santo, v. 16, p. 31-39, 2018. Disponível em: <http://www.naturezaonline.com.br>. Acesso: dez. 2019.

MALIEHE, Motlatsi ; MULUNGU, Deogratias. Assessment of water availability for competing uses using SWAT and WEAP in South Phuthiatsana catchment, Lesotho. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, Tanzania, v. 100, p. 305-316, 2017. DOI: 10.1016/j.pce.2017.02.014. Acesso: nov. 2019

GAUTAM, R. Mahesh; ACHARYA, Kumud; TULADHAR, K. Mohan. Upward trend of streamflow and precipitation in a small, non-snow-fed, mountainous watershed in Nepal. **Journal of Hydrology**, New Zealand, v. 387, n. 2, p. 304–311, 2010. Acesso: mai. 2020



NAZARUDDIN, Dony Adriansyah; AMIRUZAN, Zafirah Sakinah; HUSSIN, Hamzah; JAFAR, Mohamad Taufiq Mohd. Geological mapping and multi-electrode resistivity survey for potential groundwater exploration in Ayer Lanas village and its surroundings, Jeli District, Kelantan, Malaysia. **The 7th International Conference on Applied Geophysics**, Tailândia, Jan, 2016. Acesso: out. 2019

McNABB, David E. Alternative Sources of Water Supply. In: **Global Pathways to Water Sustainability**. Palgrave Macmillian, Cham. p. 251–262, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-04085-7_16. Disponível em https://doi.org/10.1007/978-3-030-04085-7_16. Acesso: dez. 2019

OCHOA, Brenda; AGUDELO, Leidy; LASSO, Julián; PAREDES-CUERVO, Diego. *et al.* (2017). Model for estimating the water supply incorporating groundwater in micro-basins without hydrologic inform. **Ingeniería Y Competitividad**, Colômbia, v. 19, n. 1, p. 11-27, 2017. DOI: 10.25100/iyc.v19i1.2127. Disponível em: <https://doi.org/10.25100/iyc.v19i1.2127>. Acesso: out. 2019

PRADHANA, Neera Shrestha; SIJAPATIB, Suman; BAJRACHARYA, Sagar Ratna. Farmers' responses to climate change impact on water availability: insights from the Indrawati Basin in Nepal. **International Journal of Water Resources Development**, New York, v. 31, n. 2, p. 269–283, 2015. DOI: 10.1080/07900627.2015.1033514. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/07900627.2015.1033514>. Acesso: mai. 2020

PANDEY, Brij Kishor; GOSAIN, Ashvani; KHARE, Deepak; PAUL, George. Climate change impact assessment on hydrology of a small watershed using semi-distributed model. **Appl Water Sci**, Roorkee, v. 7, p. 2029–2041, 2017. DOI: 10.1007/s13201-016-0383-6. Disponível em : <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0383-6>. Acesso: dez. 2019

RAMIREZ, Maria Catalina; MALDONADO, Andrea; CALVO, Diana; Gonzalez, Miguel Angel; CAICEDO, Luis Camilo; GEREDA, David; Munoz, Felipe. Chapter 5 - A challenge for sustainable development for vulnerable communities-case Colombia. **Water Engineering**, p. 215-274, 2011. ISBN: 978-1612099149. Acesso: out. 2019

RASSAM, David. A conceptual framework for incorporating surface egroundwater interactions into a river operation and planning model. **Environmental Modelling & Software**, Australia, v. 26, n. 12, p. 1554-1567, 2011. DOI: 10.1016/j.envsoft.2011.07.019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.07.019>. Acesso: dez. 2019

ROA-GARCÍA, María Cecilia; GARCÍA, Clara Eugenia Roa; BROWN, Sandra; CORDERO, Elena. Water Resource Research and Education in Mountain. **Mountain Research and Development**, Australia, v. 28, n. 3/4, p. 196-200, 2008. DOI: 10.1659/mrd.1038. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.07.019>. Acesso: dez. 2019

SMAKHTIN, Vladimir. Low flow hydrology: a review. **Journal of Hydrology**, New Zealand, v. 240, p. 147-186, 2000. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-hydrology>. Acesso: out. 2019

SPENCE, Christopher; BURKE, Amanda. Estimates of Canadian Arctic Archipelago runoff from observed hydrometric data. **Journal of Hydrology**, New Zealand, v. 362(3-4), p. 247–259, 2008. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2008.08.019. Acesso: mar. 2019

TRIBIS, Youness; EL BOUCHTI, Abdelal; & BOUAYAD, Houssine. Supply Chain Management based on Blockchain: A Systematic Mapping Study. **MATEC Web of Conferences**, (online), v. 200, n 20, p. 1-8, 2018. DOI: 10.1051 / matecconf /



201820000020. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201820000020>. Acesso: jan 2020.

YANG, Hyunje; TAE CHOI, Hyung; LIM, Honggeun. Applicability Assessment of Estimation Methods for Baseflow. **Water**. Coreia do Sul, v. 10, n. 8: 1074, p. 2–15, 2018. DOI: 10.3390/w10081074. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w10081074>. Acesso em: jan. 2020

YANG, Zhi; ZHOU, Yangxiao; WENNINGER, Jochen; UHLENBROOK, Stefan. A multi-method approach to quantify groundwater/surface water-interactions in the semi-arid Hailutu River basin, northwest China. **Hydrogeology Journal**, China, v. 22, p. 527–541, 2013. DOI: 10.1007 / s10040-013-1091-z. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10040-013-1091-z>. Acesso: nov. 2019

YZERON, Branger; JACQUEMINET, C; KERMADI, S; MICHEL, K; LABBAS, M; KRAUSA, P; KRALISCH, Susan; BRAUD, Isabelle. Assessment of the influence of land use data on the water balance components of a peri-urban catchment using a distributed modelling approach. **Journal of Hydrology**, França, v. 505, p. 312-325, 2013. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.09.055. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.09.055>. Acesso: nov. 2019

3. CAPÍTULO III – ARTIGO 2

DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA EM ASSENTAMENTOS RURAIS NO ESTADO DE GOIÁS.

RESUMO

As fontes subterrâneas fazem parte da realidade do consumo de água de todo o território do país, em se tratando de comunidades rurais e tradicionais estes usos podem se intensificar. A falta do desenvolvimento de estudos direcionados a elas fazem com que não seja possível conhecer a disponibilidade hídrica subterrânea e conseqüentemente dificulta a sua gestão. Com o objetivo de determinar o consumo e a disponibilidade hídrica subterrânea em assentamentos do estado de Goiás foram selecionadas 62 comunidades assentadas da Superintendência Regional 04 do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária em Goiás (SR-04-Incra). Foram identificados aquíferos freáticos e profundos e por meio da análise dos dados foi possível obter as estimativas de volume exploráveis de cada comunidade, demandas para consumo e estabelecer correlação a respeito do tipo de poço mais utilizado pelas famílias. Diante das análises verificou-se que, para os freáticos o volume disponível foi de $2,21 \cdot 10^8$ m³/ano enquanto que para o profundo significou um total de $4,87 \cdot 10^8$ m³/ano, com vazão específica para os freáticos em média de 0,55 (L/dia.m²), sendo 2,33 (L/dia.m²) para os profundos. Ainda que esta disponibilidade represente valores superiores aos freáticos, foram constatadas incidências de poços rasos em 66,37% das famílias analisadas. As demandas de consumo por assentamento mostraram-se inferiores aos valores encontrados para exploração. Diante disso, foi possível verificar que para os sistemas freáticos, 80% das comunidades estudadas conseguem suprimento de água para consumo, enquanto que para os profundos este valor chega a 100%. O desenvolvimento de atividades agropecuárias é recomendável em 79% quanto aos sistemas freáticos, e em 100% para os profundos.

PALAVRAS-CHAVE: comunidade rural, recursos hídricos, manancial subterrâneo, vazão de referência, reserva subterrânea.

1. INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas fazem parte do contexto de abastecimento de inúmeras famílias em todo o mundo. No Brasil, apesar do uso prioritário ser de águas superficiais, as ocorrências das crises de abastecimento e as constantes degradações dos recursos hídricos, promoveram um cenário de fundamental importância do uso dos recursos subterrâneos. De acordo com o levantamento do IBGE no ano de 2015, no Brasil, o uso de poços ou nascentes por moradores em áreas rurais correspondeu a 53,9% (BRASIL, 2009). O estado de Goiás está numa zona de crescimento onde se observa o avanço de demanda por este tipo de recurso.

No Brasil o mapeamento dos poços é realizado por meio do SIAGAS, o sistema de informações de águas subterrâneas que foi desenvolvido também para uso dos governos estaduais, responsáveis pela gestão do recurso. O Serviço Geológico do Brasil (SGB) mantém essa base de dados de poços sempre atualizada de modo que seja possível o acesso às informações hidrogeológicas de todo o país. O sistema foi recomendado por meio da Moção nº 38 e 39 de 7 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006a) (BRASIL, 2006b) do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) para que órgãos, agências e usuários consigam processar as informações de águas subterrâneas, estando ele atrelado aos bancos de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente (SINIMA), Sistema de Recursos Hidrogeológicos do Brasil (SIGHIDRO), Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS), Sistema de Informações do Plano Nacional de Recursos Hídricos (SIPNRH) e Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH).

Neste contexto os aquíferos representam um importante papel no fornecimento de água. De acordo com Rebouças, Braga e Tundisi (2006) a intensidade de utilização dos aquíferos cresceu por fatores como a qualidade das águas subterrâneas, degradação dos recursos superficiais, a facilidade e desenvolvimento de métodos viáveis para perfuração de poços, diminuindo os custos de implantação, além de se apresentarem como menos suscetíveis às mudanças climáticas.

Pessoa, Mente e Leal (1980) propuseram divisões do território brasileiro em províncias hidrogeológicas, levando em considerações as características fisiológicas, morfológicas, litológicas e tectônicas. Nessa distribuição, o estado de Goiás apresenta as províncias Centro-Oeste, Escudo Central, Escudo Oriental, Paraná Parnaíba e São Francisco, onde estão inseridos os diferentes aquíferos, que são constituídos por formações distintas e dispõem de disponibilidades potenciais variáveis.

Ainda que haja carência de dados, observa-se que grande parte dos aquíferos mantém as suas características preservadas (ANA, 2007). A infiltração proveniente da precipitação, e do reservatório das águas superficiais são formadoras e alimentam esses aquíferos, esses

possuem formações geológicas capazes de transmitir, acumular água por meio de rochas porosas, espaços intergranulares e até fissuras.

Esses aquíferos podem se dividir em freáticos e profundos, a serem diferenciados de acordo com domínios, ou seja, as suas características quanto à porosidade. O aquífero freático é caracterizado, principalmente, pela formação de solo e do intemperismo de rochas denominado saprólito, que por definição Borghetti, Borghetti e Rosa Filho (2004) afirmam que os aquíferos livres ou freáticos possuem formações geológicas permeáveis com superfície aflorante, sendo a recarga diretamente relacionada a quantidade de chuvas. Já os aquíferos profundos podem estar em situação de confinamento ou livres a depender da sua formação litológica, em geral, estão confinados entre camadas semipermeáveis e impermeáveis, e são encontrados em grandes profundidades, podendo chegar a centenas de metros. De acordo com Borghetti, Borghetti e Rosa Filho (2004) as recargas dos aquíferos profundos podem ser originadas indiretamente, principalmente por fendas ou fraturas nas camadas confinantes.

Assim, de acordo com a incidência dos aquíferos na área de estudo, os potenciais de disponibilidade hídrica para cada comunidade rural, podem apresentar significativas mudanças de volumes. Os assentamentos rurais instalados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) desenvolvem todas as suas atividades econômicas e de abastecimento nas suas parcelas de terra. De acordo com as condições de geografia e de potencial produtivo, o tamanho destas parcelas pode apresentar mudanças de uma região para outra (BRASIL, 2019).

De acordo com os resultados obtidos pelos autores Terra *et al.* (2009) um dos grandes obstáculos encontrados para o desenvolvimento destas comunidades assentadas se trata da limitação da água, em especial na época de seca, quando há o rebaixamento dos níveis de água em cisternas, e a diminuição e até a total seca de alguns córregos superficiais de acordo com entrevista realizada com as famílias.

Duval *et al.* (2012) em estudos localizados em assentamentos de São Paulo, observaram que o desenvolvimento predominantemente se dá por cultivos de frutas, e hortaliças, criação de aves, suínos e bovinos, a variar de acordo com cada família e tamanho do lote dos assentados. Para o desenvolvimento dessas atividades são necessárias estruturas mínimas de acesso à água, o que não foi encontrado. Diante disso observa-se a necessidade das estimativas e do entendimento da oferta da disponibilidade hídrica em assentamentos rurais para o abastecimento e desenvolvimento agropecuário das famílias.

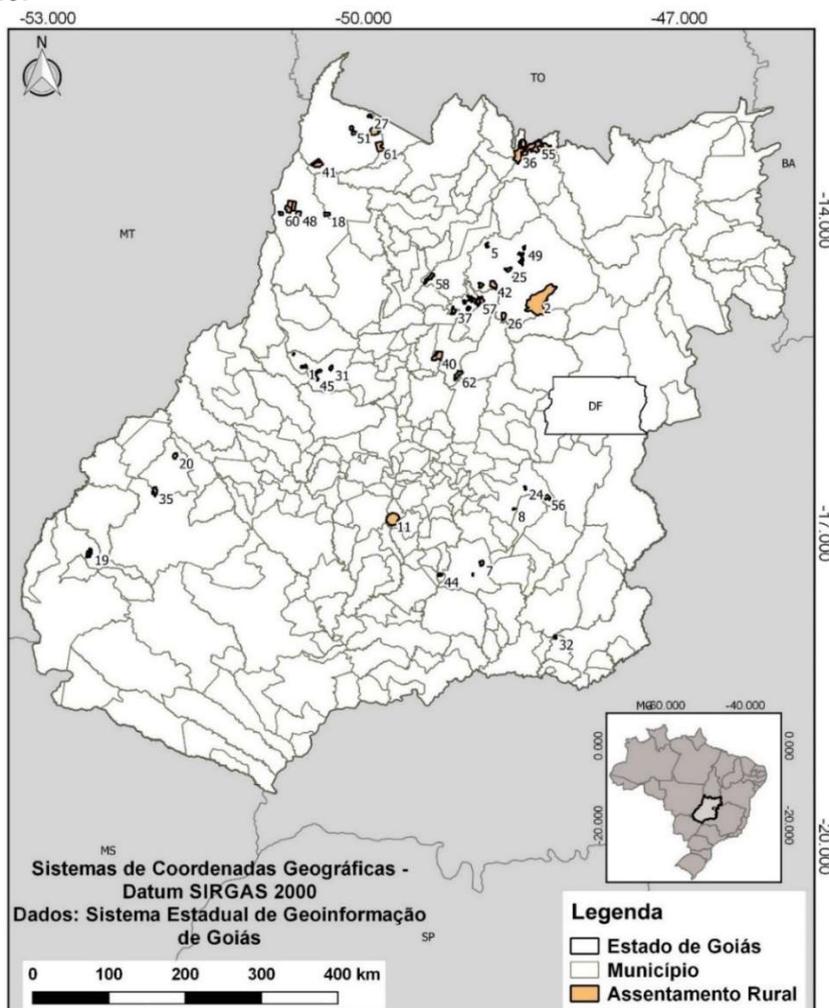
Nesse contexto, o objetivo da presente pesquisa é determinar o consumo e quantificar a disponibilidade hídrica subterrânea em assentamentos rurais do estado de Goiás.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de enfoque desta pesquisa engloba 62 assentamentos rurais do estado de Goiás (Figura 3.1) pertencentes à gestão da Superintendência Regional 04 do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária em Goiás (SR-04-Incra), com 2.904 famílias residentes. No estado de Goiás cerca de 75% dos assentamentos rurais estão localizados nas regiões norte, oeste e noroeste, sendo as duas últimas responsáveis por mais de 60% das famílias assentadas (INCRA, 2017). O assentamento Arraial das Antas II, situado no município de Faina, é composto pelo menor número de famílias, sete ao todo. Já o assentamento de Canudos, situado em Palmeiras de Goiás, é composto pelo maior número, contendo 329 famílias. O cálculo da área das comunidades foi realizada por meio do *software* QGIS 2.18, e delimitação oferecida pelo INCRA em parceria com o Projeto SanRural (2020). Com relação à área, o assentamento Piracanjuba apresenta a menor dentre estas comunidades, com 2,35 km², em contrapartida o assentamento Acaba Vida, tem a maior extensão territorial, com cerca de 466 km².

Figura 3.1 – Distribuição espacial dos assentamentos rurais no estado de Goiás que foram objeto de estudo.



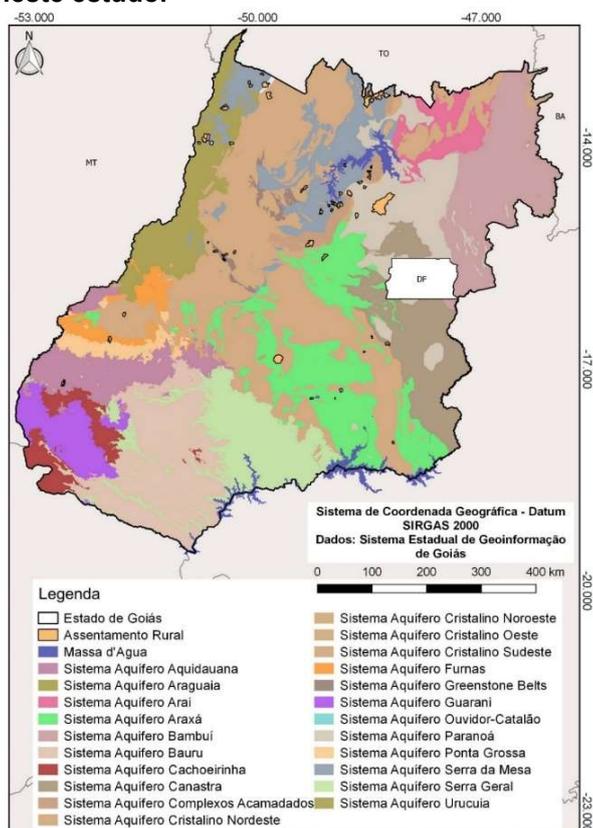
(1) 17 de Abril	(17) Engenho do Bom Sucesso	(33) Monte Moriá	(48) Santa Maria do Crixás-Assu
(2) Acaba Vida	(18) Florestan Fernandes	(34) Mucambão	(49) Santa Rita do Broeiro
(3) Água Limpa	(19) Formiguinha	(35) Nascente São Domingos	(50) Santo Antônio das Areias
(4) Água Quente	(20) Fortaleza	(36) Noite Negra	(51) São José
(5) Aranha	(21) Gustavo Martins	(37) Novo Horizonte II	(52) São José do Piçarrão
(6) Arraial das Antas II	(22) Independência	(38) Piracanjuba	(53) São Judas
(7) Boa Esperança	(23) Itajá II	(39) Pouso Alegre	(54) São Lourenço
(8) Buritis	(24) João de Deus	(40) Presente de Deus	(55) São Salvador
(9) Campo Alegre	(25) José Martí	(41) Rio Araguaia	(56) São Sebastião da Garganta
(10) Cantoneiras	(26) Julião Ribeiro	(42) Rio Vermelho	(57) São Thiago
(11) Canudos	(27) Lageado	(43) Roberto Martins de Melo	(58) Sebastiao Rosa da Paz
(12) Céu Azul	(28) Lagoa Genipapo	(44) Rochedo	(59) Serra das Araras
(13) Conceição	(29) Lagoa Santa	(45) Rosa Luxemburgo	(60) Tarumã
(14) Cora Coralina	(30) Lagoa Seca	(46) Salto para o Futuro	(61) Umuarama
(15) Dom Roriz	(31) Limoeiro	(47) Santa Fé da Laguna	(62) Vitória
(16) Engenho da Pontinha	(32) Madre Cristina		

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de bases de dados geográficos disponibilizadas pelo SIEG (2013).

2.2 Sistemas Aquíferos

Para o levantamento dos aquíferos freáticos e profundos em cada assentamento foi realizada uma Integração espacial das áreas destas comunidades com o mapa dos sistemas profundos obtidas a partir SIEG (SIEG, 2013), de onde foi possível obter o tipo de estrutura aquífera em cada área de estudo. Na Figura 3.2 é possível observar a distribuição espacial da formação aquífera no estado de Goiás.

Figura 3.2 – Espacialização dos aquíferos profundos no estado de Goiás e a localização dos Assentados analisados neste estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de bases de dados geográficos disponibilizadas pelo SIEG (2013).

No estado de Goiás, de acordo com Almeida *et al.* (2006), há a predominância de cinco domínios de sistemas de aquíferos profundos, são eles: intergranular, fissural, dupla porosidade, fissuro-cárstica e cárstica. Integrados à estes domínios estão os sistemas aquíferos, definidos por serem aqueles formados por um ou mais aquíferos limitados em profundidade e em superfície, mas que são passíveis de explorações (DINIZ *et al.*, 2014).

De acordo com a Figura 3.2, as áreas de estudo estão inseridas em 14, dos 22 sistemas aquíferos profundos, dentre os quais alguns ocupam áreas maiores do estado, tais como, Aquíferos Cristalino Noroeste, Cristalino Sudeste, Araxá. Eles apresentam diferentes formações litológicas que podem influenciar diretamente nas áreas de recarga dos aquíferos (ALMEIDA *et al.*, 2006).

Esses 14 sistemas são pertencentes aos domínios fraturados, fissuro-cárstico, intergranular e dupla porosidade, eles possuem formações distintas e apresentam disponibilidades potenciais variáveis. Fazem parte deste estudo os sistemas aquíferos Aquidauana, Araxá, Canastra, Cristalino Oeste, Cristalino Sudeste, Furnas, Greenstone Belts, Paranoá, Ponta Grossa, Serra Geral, Araguaia, Complexos Acamadados, Cristalinos Noroeste e Serra da Mesa. Estes aquíferos apresentam espessura média saturada entre 30 e 300 metros. Os 4 últimos foram os mais encontrados.

O Sistema Aquífero Serra da Mesa é composto basicamente por formações de xistos, quartzitos e outras rochas metamórficas, que estão associadas ao Grupo Serra da Mesa, que apresentam formações vulcanossedimentares ao norte da Sintaxe dos Pirineus, sendo supracrustais dos arcos das ilhas do noroeste de Goiás, compreendendo também o Grupo Baixo Araguaia. Esta composição representa um controle maior do potencial produtivo do sistema aquífero, conseqüentemente dos poços, auxiliando na recarga a partir da percolação das águas (ALMEIDA *et al.*, 2006).

O sistema Cristalino Noroeste é composto por uma associação de gnaisses e granitos, constituintes de um aquífero fissural, onde o conjunto dos reservatórios formados pelas rochas cristalinas é formado pela infiltração por meio de porosidade secundária, ou seja, a ocorrência de água se dá por fraturas e fendas. Caracterizados por serem reservatórios descontínuos e de extensões pequenas (CPRM, 2004). A presença de latossolos em amplas áreas auxiliam na produtividade e no potencial hídrico deste aquífero.

Os Complexos Acamadados estão associados ao conjunto litológico referente aos complexos máficos-ultramáficos e ultramáficos. Apesar de ser um aquífero pouco conhecido, está localizado sob áreas com taxa de precipitações elevadas, com solos com espessuras moderadas e podem contribuir para um razoável potencial hídrico para este grupo de aquíferos. Os aquíferos podem ser livres ou confinados, anisotrópicos, com propriedades hidráulicas variadas de acordo com a direção, heterogêneos, espessuras e camadas de diferentes com fluxo turbulento ou laminar (ALMEIDA *et al.*, 2006).

O Sistema Araguaia pode ser encontrado em forma de aquífero livre, semi-confinado, com

porções homogêneas maiores que as heterogêneas. Em sua composição há a predominância dos arenitos e cascalhos, associados a formação argilosa, ocorridas pela deposição nas planícies de inundação, porém não representam potencial elevado. (GOIÁS, 2015).

Em Goiás há três aquíferos freáticos cujos nomes são: freáticos I, II e III, com formações geológicas respectivas de neossolos, latossolos, argissolos e nitossolos, esses dois últimos fazem parte da categoria dos freáticos III. Em todos os assentamentos rurais do estudo foram identificadas correspondência em pelo menos um desses, conforme Figura 3.3. O aquífero intergranular possui elevada importância hidrogeológica, especialmente na recarga de aquíferos profundos além de regularizar as vazões superficiais.

Os freáticos estão localizados em regiões de solos permeáveis, capazes de favorecer a infiltração e recarga dos aquíferos profundos. Os latossolos presentes no freático II são classificados como bem drenados, a água pode ser extraída com facilidade do solo. Os argissolos, freáticos III, apresentam-se em profundidades variáveis, com texturas arenosas, composições argilosas, por serem intergranulares livres, e auxiliam no abastecimento das propriedades rurais (ALMEIDA *et al.* 2006).

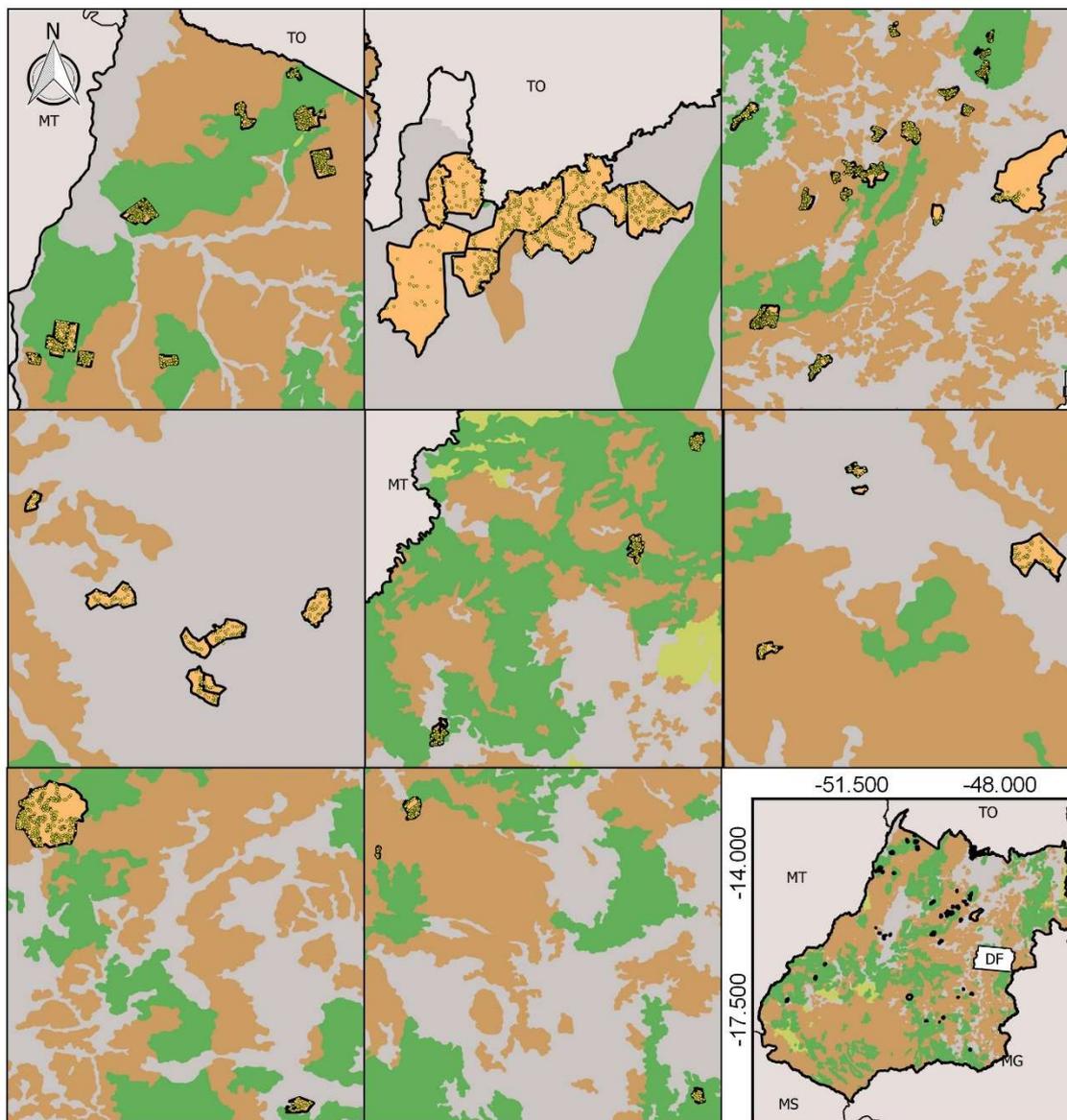
De acordo com amostragens realizadas por Almeida *et al.* (2006) foi possível identificar a vazão média dos poços cadastrados de acordo com cada aquífero, conforme Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Vazão média dos poços amostrados de acordo com sistemas aquíferos.

Sistema Aquífero	Vazão média (m ³)	Sistema Aquífero	Vazão média (m ³)
Aquidauana	2,05	Cristalino Sudeste	6,28
Araguaia	6,42	Furnas	6,60
Araxá	6,91	Greenstone Belts	4,30
Canastra	9,36	Paranoá	12,44
Complexos Acamadados	5,70	Ponta Grossa	3,29
Cristalino Noroeste	7,59	Serra da Mesa	11,20
Cristalino Oeste	6,07	Serra Geral	13,48

Fonte: Almeida *et al.* (2016).

Figura 3.3 – Espacialização dos Aquíferos freáticos em Goiás e das Comunidades Assentadas analisadas neste estudo.



Legenda

- Domicílio do Assentamento Rural
- Estado de Goiás
- Assentamento Rural
- Inexistência de Aquífero Freático
- Sistema Freático I
- Sistema Freático II
- Sistema Freático III

Sistema de Coordenada Geográfica - Datum
 SIRGAS 2000
 Dados: Sistema Estadual de Geoinformação de
 Goiás

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de bases de dados geográficos disponibilizadas pelo SIEG (2013).

No freático II devido à predominância dos latossolos as funções de filtragem e regulação desenvolvidas por esse aquífero, também são de grande importância hidrogeológica. Devido a sua formação, esses solos possuem alta condutividade hidráulica, além de alta porosidade efetiva (ALMEIDA *et al.*, 2006).

Os freáticos III são compostos pelos argissolos e nitossolos, são solos que tendem a

ter condutividade hidráulica diminuída à medida que a profundidade aumenta, dificultando as recargas das fraturas dos aquíferos profundos, mas em contrapartida possuem horizontes ricos em argila, o que favorece o abastecimento das propriedades rurais, viabilizando o processo de recarga, filtros e de regulação.

O primeiro freático possui profundidade saturada em torno de 2 a 40 metros de profundidade, no segundo podem ser encontradas espessuras de aproximadamente 20 metros, inferiores à primeira e o terceiro compreende faixa entre os intervalos de 10 a 20 metros (ALMEIDA *et al.*, 2006).

2.3 Precipitação

A precipitação média de todo o estado de Goiás de acordo com Almeida *et al.* (2006) e Goiás (2015) é de 1.500 mm, podendo variar entre 1100 e 2300. Com base nos estudos desenvolvidos pelos Planos de Bacias dos Afluentes do Paraíba do Estado de Goiás (PBAP GO) (GOIÁS, 2018) consegue-se obter um valor de melhor acurácia para aquelas localizadas ao sul do estado de Goiás. Portanto, de acordo com a localização de cada assentamento a precipitação poderá sofrer alterações, a depender da sua região.

Para os assentamentos rurais localizados no sul do estado, enquadrados pelas bacias do rio Meia Ponte, rio dos Bois, Corumbá, Veríssimo e porção goiana do rio São Marcos e Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba, as estimativas de precipitação são aquelas apresentadas pelos diagnósticos elaborados pelo PBAP-GO. Para o norte do estado, como ainda não há nenhuma abordagem deste caráter, Almeida *et al.* (2006) faz estimativas de precipitação a 1.200 mm.

2.4 Demandas e outorgas

Para estimar as demandas de água foi realizado o levantamento dos pontos outorgados pela Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Goiás (SEMAD), que coincidissem geograficamente com a área ocupada pelos assentamentos rurais. A partir do tipo de fonte de abastecimento de água de cada família e sua coordenada, foi possível estabelecer o quantitativo de pessoas atendidas dos assentamentos rurais estudados, obtidas do projeto SanRural (SANRURAL, 2020), foi possível, também, obter o total de pessoas atendidas de acordo com a ocorrência de determinada fonte subterrânea e desenvolver a média para o restante das famílias assentadas, a fim de propor a estimativa em casas que não foram contempladas com o levantamento de dados. Em casos onde não houveram a incidência de fontes subterrâneas registradas por outorgas, a demanda foi estimada a partir do número total de famílias e média de moradores, com a finalidade de criar o cenário mais desfavorável.

Para as outorgas encontradas pelo levantamento da SEMAD quanto ao uso coletivo, as demandas foram estimadas a partir da vazão outorgada e da taxa de bombeamento por dia, a fim de se obter o volume total possível de uso desse recurso. Para isso, foi aplicada a metodologia adaptada, proposta por Cavalcante (1998) e utilizada por Gomes *et al.* (2011),

conforme pode ser observada na Equação 1.

$$De = Q \times th \quad (1)$$

Onde, De = Disponibilidade Efetiva (m³/ano), Q = vazão dos poços (m³/ano) e th = taxa de bombeamento (h/dia).

A determinação da demanda foi realizada considerando o consumo de água per capita de 100 L/dia, valor superior estimado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (HOWARD; BARTRAM, 2003), que está entre 50 e 100 L/dia, e presumindo que todas as famílias do assentamento fizessem uso de águas subterrâneas para abastecimento. Para contabilizar a demanda por água, relacionada à atividade agropecuária desenvolvida pela comunidade rural, foram adotadas estimativas de consumo por cabeça de animais obtidas pelo IBGE (BRASIL, 2017) a partir do levantamento por município replicando-a para a área de estudo. Assim, considerou-se para o cálculo a categoria de animais, sendo eles bovinos, equinos, suínos, galináceos e caprinos utilizando como referência o padrão de consumo para dessedentação o indicado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), conforme Tabela 3.2 (EMBRAPA, 2019).

Tabela 3.2 – Consumo de água para pecuária aplicada aos assentamentos rurais.

Pecuária	Consumo/cab (L/dia)
Bovino	150,00
Equino	60,00
Suíno	35,00
Caprino	30,00
Galináceos	0,25

Fonte: EMBRAPA (2019).

Para a correlação ao sistema aquífero correspondente foi utilizado neste trabalho as fontes de abastecimento: cisternas, mini poços, poço profundo e cacimbas, obtendo como referência o *Manual Técnico de Outorgas* (GOIÁS, 2012) onde as fontes provenientes de cisternas e mini poços têm como uso os aquíferos freáticos. Para a integração das análises aos freáticos também foram correlacionadas as cacimbas já que, de acordo com a proposta de Vasconcelos (2014) são considerados como poço as que apresentarem diâmetros e profundidades de até 0,5 metros. Esse trabalho adotou nomenclatura de poço raso escavado para as cisternas e cacimbas e chamados de poço raso perfurado todos aqueles denominados mini poço.

As fontes de poços profundos foram correlacionadas aos aquíferos profundos já que a extração de água acontece em profundidades maiores.

2.5 Cálculo da disponibilidade hídrica

A análise da disponibilidade hídrica subterrânea ocorreu sob duas formas, a primeira consistiu nas estimativas dos sistemas aquíferos freáticos, e em segundo momento houveram as estimativas para os aquíferos profundos. Para isto, foram utilizados dados levantados pelo Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG) do mapeamento da disposição destes

tipos de aquíferos profundos em todo território do estado de Goiás e o levantamento obtido a partir das análises de Almeida *et al.* (2006).

Para a realização das estimativas dos cálculos da disponibilidade hídrica potencial para cada aquífero aplicou-se a metodologia utilizada por Almeida *et al.* (2006). Para este estudo foram abordados cálculos estimando três tipos de reservas, sendo elas renováveis, permanentes e exploráveis, conforme estudadas por Souza (2001) e Campos e Freitas-Silva (1998).

As reservas renováveis, em geral apresentam variações muito baixas do nível e água ao longo dos séculos, pois é o estado de equilíbrio entre as recargas e descargas de um sistema aquífero, sem variação de armazenamento (FEITOSA *et al.*, 2008).

As reservas permanentes referem-se ao volume hídrico armazenado no aquífero localizado abaixo da superfície, com oscilações frequentes dos níveis de água, em que, o nível máximo da superfície piezométrica é definido a partir de uma zona saturada em aquífero livre. Em termos gerais é a quantidade de água armazenada em escalas de tempo maiores que as anuais, sendo esta uma reserva estratégica para períodos temporais extraordinários (FEITOSA *et al.*, 2008).

Nota-se que as reservas exploráveis exercem papel fundamental para o planejamento e gestão socioeconômica de uma determinada localidade, o comprometimento deste aquífero está diretamente relacionado com o desenvolvimento social, podendo gerar prejuízos socioeconômicos em decorrência dos danos ambientais (SILVEIRA *et al.*, 2016).

Portanto, adotou-se a Equação 2 para as reservas renováveis.

$$Rr: A \times I \times P \quad (2)$$

Em que, A = área do aquífero (m²), I = Percentual de Infiltração (%) e P = Precipitação média (mm/ano).

Para as reservas permanentes foi utilizada a Equação 3.

$$Rp: A \times Ne / Ifi \times b \quad (3)$$

Onde, A = área do aquífero (m²), Ne = Porosidade efetiva ou eficaz (%), Ifi = Índice de Fraturamento Interconectado (%) e b = Espessura saturada média (m).

As reservas exploráveis foram determinadas pela Equação 4.

$$Re: Rr + Z * Rp \quad (4)$$

Onde, Rr = Reserva renovável (m³/ano), Rp = Reserva permanente (m³) e Z = Porcentagem de utilização das reservas permanentes, 5% aquíferos fraturados e 10% aquíferos intergranulares.

Para fins de análise foram consideradas como a disponibilidade hídrica do aquífero o correspondente às reservas exploráveis. Essas reservas são importantes, já que volume estimado é aquele que pode ser retirado sustentavelmente, sem comprometer as reservas do aquífero ou causar danos irreversíveis.

Na Tabela 3.3 há a representação dos parâmetros utilizados para os cálculos da disponibilidade potencial a partir dos dados encontrados na literatura.

Tabela 3.3 – Resumo dos parâmetros utilizados para a disponibilidade.

Aquífero Freático	Percentual de infiltração (I) (%)	Porosidade efetiva ou eficaz (Ne) (%)	Espessura saturada média (b/m)
Freático I	12,0	12,0	30
Freático II	12,0	8,0	15
Freático III	12,0	6,0	10
Aquífero Profundo	Percentual de infiltração (I) (%)	Índice de fraturamento interconectado (Ifi) (%)	Espessura saturada média (b/m)
Aquidauana	12,0	6,0	200
Araguaia	12,0	9,0	30
Araxá	9,0	1,2	100
Canastra	8,0	1,3	100
Complexos Acamadados	10,0	1,0	100
Cristalino Noroeste	10,0	1,5	110
Cristalino Oeste	8,0	1,5	120
Cristalino Sudeste	12,0	1,5	150
Furnas	12,0	10,0	100
Greenstone Belts	8,0	1,0	100
Paranoá	10,0	2,5	100
Ponta Grossa	12,0	6,0	200
Serra da Mesa	9,0	1,2	100
Serra Geral	12,0	3,5	300

Fonte: Almeida *et al.* (2006).

Após a estimativa das disponibilidades foi realizada a divisão dos resultados em quatro faixas de análise, a fim de entender a distribuição das comunidades com relação aos volumes alcançados.

2.6 Cálculo da vazão específica

Foi calculada vazão específica de acordo com a disponibilidade estimada para comunidade. A vazão específica foi calculada e aplicada a partir da correlação entre a área da comunidade e o volume total estimado disponível, de acordo com a Equação 5.

$$q = \frac{DH}{A_a} * 1000 \quad (5)$$

Onde, q (m³/ano.m²) = vazão de referência; A_A (m²) = área do assentamento e DH (m³/ano) = disponibilidade hídrica total subterrânea.

Assim foi possível desenvolver um coeficiente que represente toda a área das comunidades rurais.

3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

Disponibilidade hídrica em aquífero freático

Os assentamentos rurais encontram-se distribuídos por todo estado de Goiás, e estão localizados em 18 municípios. O município de Niquelândia foi aquele que obteve maior representatividade, cerca de 6,20%, dos assentamentos rurais estão distribuídos pelo município.

Pelo levantamento realizado conseguiu-se verificar a distribuição dos assentamentos rurais e a dos aquíferos freáticos, conforme Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Distribuição dos Aquíferos Freáticos nas comunidades.

Aquíferos	Sistema Aquífero Freático	Quantidade de Assentamentos rurais	
		N	%
1	Freático II	19	30,60
	Freático III	18	29,00
2	Freático II e III	12	19,40
3	Freático I, II e III	1	1,60
Nenhum	Inexistência de Aquíferos Freáticos	12	19,40

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Constatou-se que dos 62 assentamentos rurais, objeto de estudo, 59,70% estão inseridos em apenas um dos sistemas aquíferos freático, sendo 30,60% no freático II e 29,00% no freático III. Observou-se também que 19,40% possuem áreas incidentes em dois sistemas aquíferos freáticos (freático II e freático III) e somente um assentamento (1,60%) possui os três sistemas aquíferos freáticos. Em contrapartida, foi observado que 19,40% não estão inseridos em nenhum dos três sistemas, não havendo assim informações de disponibilidade potencial para esses assentamentos rurais. A partir das atividades de levantamento efetuadas em campo pelo Projeto SanRural, obteve-se por meio da amostragem das casas, as coordenadas das fontes superficiais e/ou subterrâneas utilizadas para o consumo. Dessas informações foi possível entender quais as estruturas mais utilizadas pelas famílias, e estabelecer relação com o aquífero encontrado. No entanto, ao associar essas informações observou-se que dos 12 assentamentos rurais sem a presença de aquíferos freáticos, três não fazem usos de fontes subterrâneas para a captação de água, são eles: Acaba Vida, Arraial das Antas II e Céu Azul. Esse resultado está de acordo com o obtido pelo processamento de dados.

Com relação as 9 comunidades que fazem uso de poço raso como fonte de abastecimento de água, Roberto Martins de Melo é aquele identificado com mais pontos de abastecimento totalizando 17 famílias. As comunidades de João de Deus e Rosa Luxemburgo, possuem, respectivamente nove (11,94%) e quatro (5,97%) famílias fazendo uso apenas de poços rasos, sendo todos perfurados. São José do Piçarrão foi a comunidade identificada com abastecimento de quatro (5,97%) famílias exclusivamente por poços escavados, representado pela Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Quantidade de famílias nos respectivos assentamentos rurais que fazem uso de fontes Subterrâneas sem informações da existência de sistemas aquíferos freáticos.

Nome da comunidade	Poço raso			Quantidade em relação ao total de famílias da comunidade (%)
	Poço raso escavado	Poço raso perfurado	total	
17 de Abril	1	1	2	12,50
Acaba Vida	ND	ND	ND	--
Arraial das Antas II	ND	ND	ND	--
Céu Azul	ND	ND	ND	--
João de Deus	ND	9	9	81,00
Limoeiro	7	4	11	68,75
Noite Negra	1	2	3	12,00
Roberto Martins de Melo	17	1	18	62,07
Rosa de Luxemburgo	ND	4	4	33,33
Santo Antônio das Areias	1	5	6	35,29
São José do Piçarrão	4	ND	4	40,00
Vitória	10	2	12	46,15
Total	41	28	69	

Nota: ND = não dectado. Fonte: Banco de Dados do SanRural.

Observa-se que nas comunidades com ausência de aquíferos freáticos, houveram no total 68 famílias que utilizam esse tipo de fonte subterrânea, sendo seis comunidades identificadas em uso de ambos, poços rasos escavados e perfurados. Essa fonte foi mais representativa em João de Deus, Limoeiro e Roberto Martins de Melo, 80,00%, 68,75% e 62,07% respectivamente.

De modo geral, de todas as famílias que utilizam águas subterrâneas os poços rasos escavados e/ou perfurados incidiram em 70,52% delas, contudo, o cenário apresentado pelos 12 assentamentos são responsáveis por 8,69% desse total. A baixa incidência dessas famílias é justificada pela predominância do tipo de solo, uma vez que essas comunidades estão sob solos denominados cambissolos e plintossolos. De acordo com Almeida *et al.* (2006) o primeiro e o último são solos sem zonas constantes de saturação, isto acontece por se tratarem de solos jovens com baixa condutividade hidráulica, baixo fluxo entre poros, portanto, não favorecem a captação de águas subterrâneas.

Neste sentido observa-se a instabilidade do fornecimento desse recurso em locais onde inexistem sistemas aquíferos. Para os três assentamentos rurais sem uso de poços a água superficial pode representar para as famílias a única opção viável para abastecimento e desenvolvimento de atividades. Situação menos agravada nas demais comunidades, contudo, não é possível garantir o fornecimento de água.

Verificou-se pelas análises que 80,64% das comunidades possuem os limites geográficos inseridos em sistema aquífero freático, porém em alguns casos não estão completamente preenchidos. As 50 comunidades representadas pela análise são contempladas com a totalidade ou parte dos seus limites sobre os freáticos I, II e/ou III. Sendo assim, entende-se que algumas estão parcialmente e outras completamente coincidentes com o levantamento geográfico de aquíferos do estado de Goiás. Na Tabela 3.6 é possível observar tal comportamento.

Tabela 3.6 – Presença de sistemas aquíferos freáticos sob as áreas territoriais das comunidades rurais.

Presença de sistema aquífero freático	0,1% a 24,9%	25,0% a 49,9%	50,0% a 74,9%	75,0% a 99,9%	100%
Um aquífero (%)	5	7	--	7	18
Dois aquíferos (%)	--	--	2	5	5
Três aquíferos (%)	--	--	--	--	1
Total (%)	5	7	2	12	50

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quanto à análise das fontes de abastecimento subterrânea para as demais comunidades, das 80,64% localizadas em algum aquífero freático, não foram encontrados dados de fontes subterrâneas para os assentamentos rurais de Formiguinha, Pouso Alegre e Serra das Araras, esses assentamentos compartilham do mesmo sistema de abastecimento coletivo por meio de redes a partir de poço profundo.

No levantamento de coordenadas realizado para as casas amostradas verificou-se que nos 50 assentamentos rurais cujos limites estão sob os freáticos II e III houveram maiores evidências de famílias utilizando estruturas do tipo poço raso escavado como fonte de abastecimento subterrâneo, a representação dessa fonte permanece em 66,37% em comparação aos rasos perfurados.

Percebe-se, portanto, que os poços rasos escavados estão a frente dos rasos perfurados. Os solos associados à estes freáticos estão ligados à presença de argilas, que são responsáveis pela reservação e abastecimento das comunidades rurais, estas características auxiliaram na obtenção dos resultados encontrados, conforme Tabela 3.7.

Aqueles identificados com dois tipos de aquíferos são Boa Esperança, Canudos, Florestan Fernandes, Independência, Itajá II, Nascente São Domingos, Presente de Deus, Rio Vermelho, Santa Fé da Laguna, Santa Maria do Crixás-Assú, São José e São Thiago. Os dados apontaram que de todos os 391 levantados, 65,47% correspondem a poços rasos escavados, seguidas de 34,53% dos poços rasos perfurados. No único assentamento com três sistemas aquíferos foram identificados poços rasos escavados e perfurados em utilização pelas famílias, de acordo com a Tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Distribuição de poços em razão da composição do sistema aquífero.

Composição da comunidade pelo sistema aquífero freático	Poço raso escavado (%)	Poço raso perfurado (%)	Total de poço (N)
Um aquífero (%)	65,47	34,53	391
Dois aquíferos (%)	60,83	39,17	240
Três aquíferos (%)	82,76	17,24	29

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A disponibilidade hídrica foi obtida para todos os assentamentos rurais conforme Gráfico 1. Constatou-se que 35 destas comunidades, estão na faixa entre $1.10^6 < 1.10^7$ m³/ano, seguidas por sete entre as faixas $1.10^5 < 1.10^6$ m³/ano e as demais nas duas faixas restantes, $1.10^4 < 1.10^5$ m³/ano e $\leq 1.10^7$ m³/ano com quatro em ambas, conforme Tabela 3.8. Canudos foi o assentamento

em destaque quanto ao volume disponível, seguido por Presente de Deus e Umuarama que estão favorecidos por obterem sistemas aquíferos em mais de 90% de suas áreas.

Tabela 3.8 – Distribuição das comunidades rurais em razão da disponibilidade.

Comunidades Rurais	Disponibilidade Hídrica			
	$1.10^4 < 1.10^5$	$1.10^5 < 1.10^6$	$1.10^6 < 1.10^7$	$\leq 1.10^7$
	4	7	35	4

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os menores volumes de disponibilidade são compostos pelos assentamentos rurais de Julião Ribeiro, Mucambão, São Salvador e São Sebastião da Garganta. Estes resultados são justificáveis pois eles têm em comum a baixa porcentagem incidente em um aquífero freático, que corresponde respectivamente a 0,49%, 0,36%, 0,31% e 0,70% do total das suas áreas, portanto, todo o restante encontra-se em local onde há inexistência de sistema aquífero, conforme visualização do Gráfico 3.1.

As demandas para cada assentamento rural estão representadas no Gráfico 1, para melhor comparação de resultados. Em termos gerais houveram baixa demanda hídrica para consumo, os resultados menos expressivos ocorreram em Pouso Alegre e Arraial das Antas II com respectivamente 662,40 m³/ano e 730,80 m³/ano devido à ocorrência de respectivamente 8 e 7 famílias no total, com média de 2,3 e 2,9 pessoas por casa. As demandas mais significativas ocorreram em Canudos e São Salvador, neste caso pela expressiva quantidade de famílias, 329 e 165, com 37.900 m³/ano e 14.850 m³/ano, apresentando respectivamente média de 3,2 e 2,5 pessoas por casa.

Quanto aos dados de outorgas oferecidos pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Goiás (SEMAD) verificou-se que nenhuma outorga foi coincidente com a área de estudo das comunidades rurais, sendo assim, não houveram resultados acrescentados às demandas por esta análise.

Quanto às demandas destinadas à pecuária verificou-se que os assentamentos rurais Bunitis, Pouso Alegre e Santa Rita do Broeiro apresentaram os menores valores, respectivamente $2,91.10^4$ m³/ano, $2,28.10^4$ m³/ano e $2,45.10^4$ m³/ano, este resultado ocorreu pela associação do tamanho das suas áreas e pelo quantitativo de animais levantados pelo IBGE. Apesar de os municípios das referidas comunidades, Silvânia, Mineiros e Niquelândia, estarem entre os 70 do Estado em quantidade de bovinos, de acordo com o IBGE (BRASIL, 2017) o tamanho da área decisiva para o resultado.

Em termos de demandas totais calculadas para a área dos assentamentos considerando as outorgas subterrâneas, o consumo e a pecuária, os assentamentos Bunitis, Pouso Alegre e Santa Rita do Broeiro apresentaram respectivamente $3,09.10^4$ m³/ano, $2,34.10^4$ m³/ano e $2,64.10^4$ m³/ano, essas foram as mais baixas estimativas verificadas. Ao contrário de Canudos, que obteve uma demanda total de $2,09.10^6$ m³/ano, a expressividade desse resultado se deve

principalmente à demanda agropecuária.

No Gráfico 1, ao estabelecer a análise conjunta entre as demandas estimadas para consumo, outorgas e pecuária, essa última ligada ao desenvolvimento econômico das famílias assentadas, percebe-se que, em geral, há disponibilidade hídrica dos sistemas aquíferos freáticos. Contudo, a situação pode ser agravada em comunidades onde inexitem estes sistemas, já que não foi possível estabelecer estimativas.

Disponibilidade hídrica em aquífero profundo

Quanto à disponibilidade hídrica e uso dos aquíferos profundos, constatou-se que 51,61%, estão sob apenas um aquífero profundo, 41,94%, estão sob dois aquíferos 6,45%, e correspondem a quatro comunidades, são contempladas com três diferentes aquíferos, conforme Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Relação da quantidade de aquíferos profundos em assentamentos rurais

Aquíferos Profundos	Domínio				Quantidade	
	Fraturados	Intergranular	Fisuro-cárstico	Dupla porosidade	N	%
1	30	--	1	1	32	51,6
2	13	7	2	4	26	41,9
3	4	--	--	--	4	6,5
Total	47	7	3	5	62	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Dos 32 assentamentos rurais referentes a um aquífero profundo, 93,75% (30 assentamentos rurais) são domínios fraturados e os 6,25% (dois assentamentos rurais) restantes fazem parte dos intergranulares e fissuro-cárstico, eles correspondem respectivamente aos assentamentos rurais de Tarumã e Água Limpa. Com relação aos assentamentos rurais formados por dois tipos de aquíferos o domínio de maior representação correspondem a 50% fraturados, seguidos de intergranular, dupla porosidade e fisuro-cárstico. Esse resultado pode ser observado pois é o maior em extensão para o estado de Goiás e pelos estudos de Paula; Campos (2016) devido à formação litológica dos fraturados, em decorrência das rochas metamórficas e magmáticas, pode haver maiores rebaixamentos dos reservatórios, havendo a possibilidade de ocorrer zonas com fraturas mais restritas, sem que haja comunicação hidráulica com o restante do aquífero de acordo com o isolamento da fratura.

Os aquíferos fraturados são formados por componentes litológicos tais como os xistos, filitos, metaultramáficas e ultramáficas, granitos e gnaisses, granulitos, metavulcânicas e metassedimentares, basaltos e metarritimitos argisolos. Já que, de acordo com o derrame das lavas são haverá influencia quanto à circulação de água e a conectividade das fraturas tectônicas (REGINATO e STRIEDER, 2006).

Os de dupla porosidade são importantes fontes para abastecimento de água, apresentam potencial de produtividade baixa a moderada, mas ainda sim, melhores que os aquíferos fraturados, mas inferiores aos intergranulares (PAULA e CAMPOS, 2016).

Quanto ao levantamento do uso de água identificado pelo projeto SanRural, percebeu-

se que nos 32 assentamentos que estão apenas sob um aquífero, não foram encontradas coordenadas geográficas referentes a poços profundos em nove deles sendo, Arraial das Antas II, Buritis, Lageado, Monte Moriá, Novo Horizonte II, Piracanjuba, Rosa Luxemburgo, São Lourenço e Tarumã. Os demais assentamentos rurais, 23, apresentaram em geral baixa adesão a esta fonte subterrânea, apresentando média de cinco poços por comunidade. O maior número de casas registradas em um mesmo assentamento foram 22, correspondentes a São Salvador representando 52,38% do total das suas famílias, conforme Tabela 3.10.

Quanto à análise daqueles sob dois aquíferos, não foram encontrados pontos de abastecimentos em oito comunidade, são elas: 17 de Abril, Acaba Vida, Formiguinha, Lagoa Genipapo, Pouso Alegre, Santa Maria do Crixás-Assú, São José do Piçarrão, e Serra das Araras. Nos demais a média de poços por famílias ficou em torno de quatro pontos, sendo que, em Noite Negra, Santa Fé da Laguna, São Judas, São Sebastião da Garganta e Sebastião Rosa da Paz foram os únicos a obterem apenas um resultado, representando do total das suas famílias cerca de 4,00%, 3,70%, 4,34%, 3,70%, 5,26% respectivamente.

Tabela 3.10 – Quantidade de uso de aquíferos por meio de poço tubular profundo e a relação com total de famílias em assentamentos rurais do estado de Goiás.

Aquíferos profundos	Nome da comunidade	Utilização de poço tubular profundo	
		Quantidade	Quantidade em relação ao total de famílias da comunidade (%)
1 aquífero	Água Limpa	2	12,50
	Aranha	3	17,65
	Céu Azul	2	18,18
	Conceição	1	3,57
	Cora Coralina	3	37,50
	Dom Roriz	12	37,50
	Engenho da Pontinha	1	10,00
	Engenho do Bom Sucesso	3	13,63
	Fortaleza	1	5,00
	Itajá II	2	12,50
	João de Deus	1	10,00
	Julião Ribeiro	11	78,57
	Lagoa Santa	5	26,31
	Limoeiro	3	18,75
	Madre Cristina	4	30,77
	Roberto Martins de Melo	14	42,42
	Rochedo	6	28,57
	Salto Para o Futuro	5	22,73
	Santa Rita do Broeiro	1	6,67
	São José	1	3,70
São Salvador	22	52,38	
Umuarama	1	2,32	
Vitória	2	7,69	
2 aquíferos	Água Quente	12	48,00
	Boa Esperança	5	17,86
	Campo Alegre	2	6,06
	Canoneiras	5	17,85
	Canudos	3	6,97
	Gustavo Martins	2	6,45
	José Marti	18	60,00
	Mucambão	2	9,09
	Nascente São Domingos	5	16,6
	Noite Negra	1	4,00
	Presente de Deus	2	5,00
	Rio Araguaia	2	5,00
	Rio Vermelho	5	19,23
	Santa Fé da Laguna	1	3,70
	Santo Antônio das Areias	4	23,53
	São Judas	1	4,34
São Sebastião da Garganta	1	3,70	
Sebastião Rosa da Paz	1	5,26	
3 aquíferos	Independência	13	39,39
	Lagoa Seca	10	50,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Independência, Lagoa Seca, Florestan Fernandes e São Thiago são aqueles formados pela presença de três aquíferos. Dentre eles não foram identificados pontos de abastecimento para as duas últimas comunidades, enquanto que, nos primeiros a representação do uso da fonte pelas famílias estiveram em 39,39% e 50,00%, respectivamente. Em geral observou-se que os poços tubulares profundos representam 29,47% do uso das famílias por águas subterrâneas.

Houveram expressivos resultados quanto ao volume disponível entre as faixas de, $1.10^6 < 1.10^7$ m³/ano, com 45 comunidades, seguidos de 10 comunidades com volumes na faixa de $1.10^7 < 1.10^8$ m³/ano. As faixas extremas $1.10^5 < 1.10^6$ m³/ano e $\leq 1.10^8$ m³/ano, foram identificadas em sete comunidades, mas em apenas uma, Acaba Vida, apresentou faixa de maior volume justamente por representar área mais significativa dentre todos deste estudo, Tabela 3.11.

Tabela 3.11 – Relação da quantidade de aquíferos profundos em assentamentos rurais

Disponibilidade Hídrica				
Comunidades Rurais	$1.10^5 < 1.10^6$	$1.10^6 < 1.10^7$	$1.10^7 < 1.10^8$	$\leq 1.10^8$
	6	45	10	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Disponibilidade hídrica subterrânea

De acordo com a Figura 3.4 percebe-se que as demandas superam a disponibilidade hídrica nos aquíferos freáticos em todos os 12 assentamentos rurais onde não foi possível realizar as estimativas pela inexistência de aquíferos freáticos e em seis comunidades a demanda é superior às estimativas subterrâneas. Nos aquíferos profundos a disponibilidade hídrica é superior às demandas em todas as 62 comunidades rurais analisadas. Observou-se ainda que as estimativas dos aquíferos freáticos se mostraram superiores aos profundos em cerca de 21 comunidades rurais.

A disponibilidade hídrica para o aquífero freático representou o total de $2,21.10^8$ m³/ano, sendo Canudos o responsável por 15% dessa reserva, e para o profundo ocorreu um total de $4,87.10^8$ m³/ano, e por sua vez Acaba Vida contribuiu com 26% nessa estimativa.

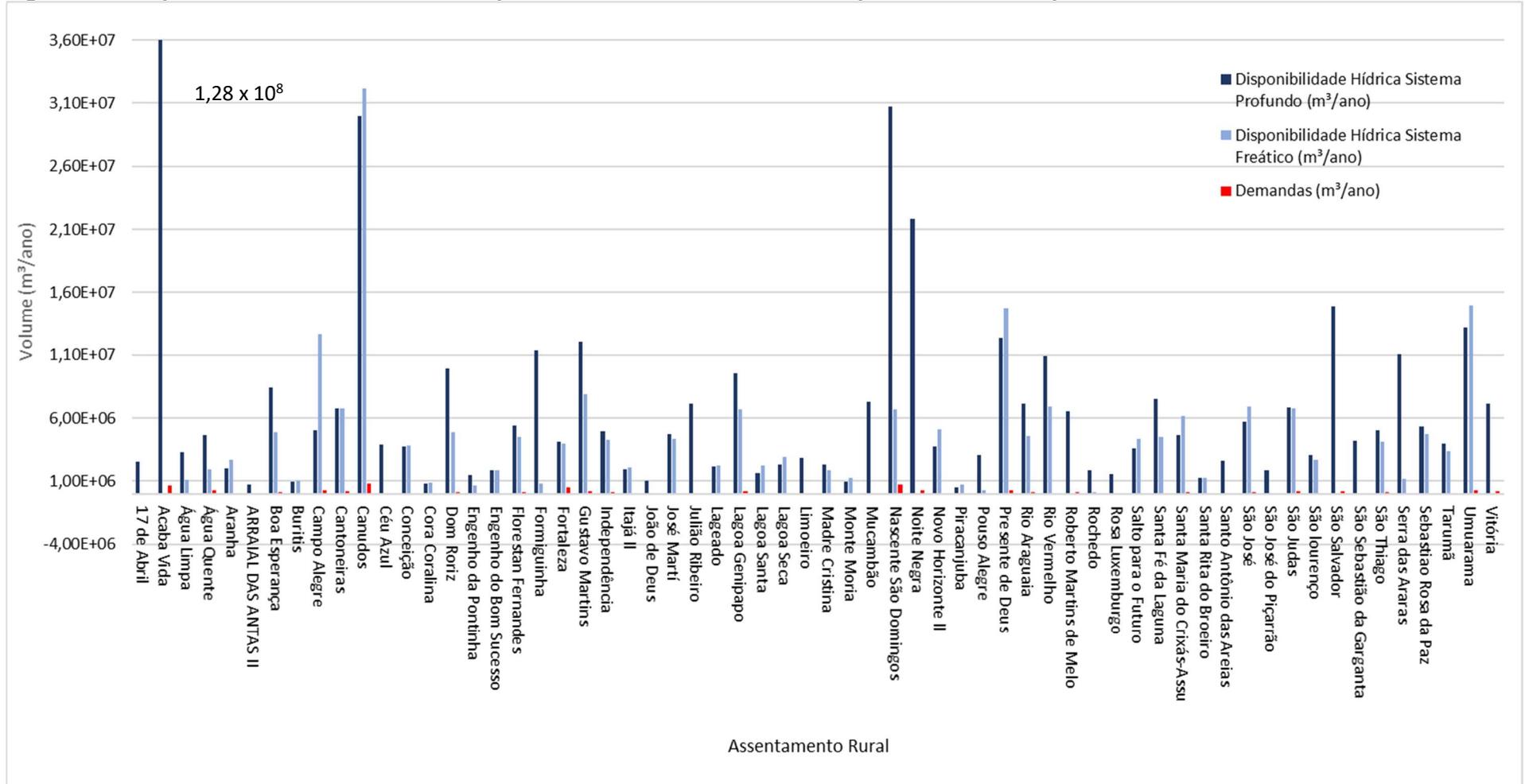
Com a determinação da vazão específica subterrânea para aquíferos porosos verificou-se que, em geral a média foi de 0,55 L/dia.m², os assentamentos rurais Mucambão e São Salvador obtiveram o menor valor, 0,002 L/dia.m², ao contrário de São José com 2,33 L/dia.m². Nos aquíferos profundos foi observado o valor mínimo da vazão específica em 0,005 L/dia.m² em Sebastião Rosa da Paz e o máximo de 2,97 L/dia.m² no assentamento São Domingos, a média geral considerando todos os demais foi de 0,71 L/dia.m², essa diferença pode representar 57,6 m³/ano.m², conforme Figura 3.5.

Este trabalho orienta que para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, o consumo não deva ultrapassar a meta diária de 1 L/s, ou seja, $8,64.10^4$ L/dia, já que este valor é o máximo permitido sem que haja a necessidade do processo de outorga, conforme *Manual Técnico de Outorgas* (GOIÁS, 2012).

Sob esta perspectiva estão aptos para o desenvolvimento destas atividades quanto aos aquíferos freáticos cerca de 44 dos 62 assentamentos rurais, visto que não foi possível obter análise concisa em 12 comunidades. As comunidades de Julião Ribeiro, Mucambão, Rochedo, São Salvador, São Sebastião da Garganta e Serra das Araras devem ser melhor assistidas pois, diante dos cálculos, a retirada de água para consumo e desenvolvimento agropecuário pode não ser suficiente principalmente em período de seca. Quanto aos profundos verificou-se que todos os 62 assentamentos rurais possuem disponibilidade hídrica necessária para o cumprimento das orientações desse trabalho, o menor valor foi de $1,29 \cdot 10^5$ L/dia pelo assentamento rural Santa Rosa da Paz e vazão específica correspondente de $0,005$ L/dia.m².

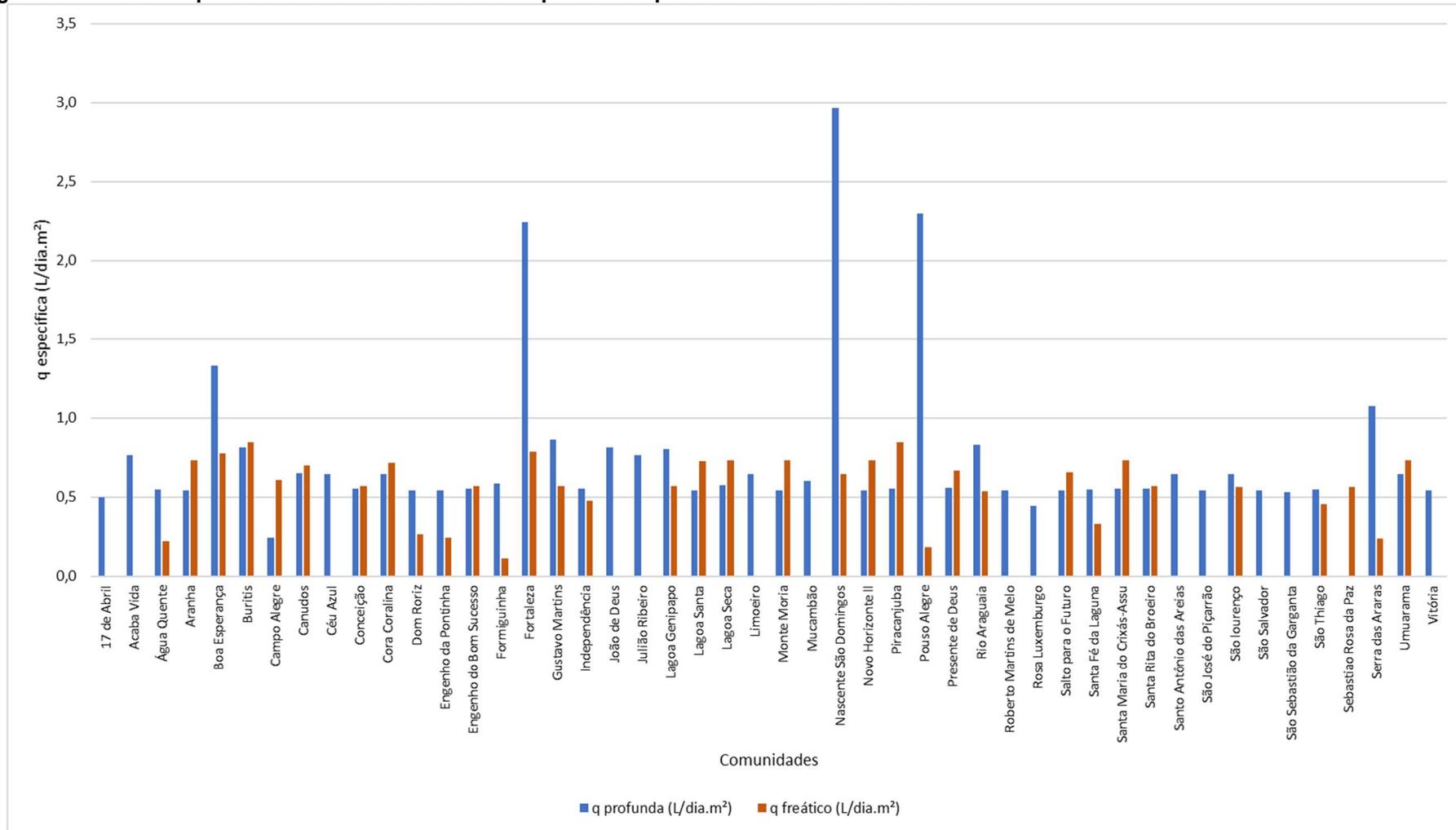
A disponibilidade subterrânea relativa aos aquíferos profundos são capazes de suprir todos os assentamentos rurais estudados, porém a baixa incidência desta fonte vem sendo estudada. Em pesquisas desenvolvidas por Duval *et al.* (2012) constataram os problemas de acesso à água para produção de assentamentos rurais em São Paulo. Eles apuraram que o uso de apenas 22% dos poços profundos, o acesso à água em geral está ligado à implementação pelo INCRA ou por departamentos municipais responsáveis pelo fornecimento de água. A baixa adesão das famílias aos poços está correlacionada a falta de manutenção dos poços perfurados pelo INCRA, por falta de estrutura, demora de emissões de outorgas e regulamentações o que freiam o processo de licenciamento.

Figura 3.4 – Disponibilidade hídrica e demandas para os assentamentos rurais em aquíferos freáticos e profundos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 3.5 – Vazão específica dos sistemas freáticos e profundos por área das comunidades.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021). SI – Sem informação.

4. CONCLUSÃO

Pôde-se observar que a preferência por poços tubulares rasos esteve à frente dos poços tubulares profundos quanto ao total de uso das águas subterrâneas, essa preferência representou cerca de 70,52%. As demandas totais calculadas estiveram entre $2,34 \cdot 10^4$ L/dia a $2,09 \cdot 10^6$ L/dia nas comunidades .

Não foi possível obter resposta conclusiva para 12 assentamentos rurais na análise, portanto, esses podem não conseguir suprir as demandas principalmente em períodos de estiagem. Para os demais 50 assentamentos rurais a disponibilidade hídrica dos sistemas freáticos variaram de 423,11 L/hab.dia a 658.779,31 L/hab.dia, desses as estimativas não foram suficientes para atender 12,00% das comunidades, considerando um consumo per capita de 100 L/hab.dia e demanda para consumo agropecuário. A disponibilidade hídrica dos sistemas profundos mostrou variação de 2.239,57 L/hab.dia a 1.270.906,68 L/hab.dia, sendo suficiente para atender 100,0% dos assentamentos rurais estudados, considerando um consumo *per capita* de 100 L/hab.dia.

Quanto à vazão específica, disponibilidade hídrica por área, a variação ocorreu de 0,002 L/dia.m² a 2,33 L/dia.m², sendo que, valores menores de 0,006 L/dia.m² em geral, mostraram dificuldades no atendimento às demandas atividades de agropecuária e agricultura familiar nas comunidades. Quanto aos profundos a variação ocorreu foi de 0,005 L/dia.m² a 2,97 L/dia.m², e foram suficientes para suprir as atividades de agropecuária e agricultura familiar em 100% das comunidades.

Foi possível verificar diante das estimativas que a disponibilidade dos sistemas aquíferos profundos é superior aos freáticos, portanto, em cenários onde as águas superficiais não sejam capazes de subsidiar o fornecimento de água, deve-se recorrer aos poços profundos, para isso é fundamental que as comunidades consigam incentivos para a implantação.

Entende-se ainda que mediante apresentação das fontes utilizadas para abastecimento populacional, nem todas as áreas ditas sem a presença de aquífero freático estarão realmente sem a presença de água, assim como, nem toda área cuja identificação foi feita pela presença de aquífero freático se torne garantia de água subterrânea. Estudos de escala maior a nível regional devem ser realizados para discretização e detalhamento do comportamento subterrâneo.

Ao verificar a disponibilidade hídrica em relação à demanda dos assentamentos rurais o cenário de demandas previsto neste projeto foi atendido com vantagem, isto pode ser verificado nas duas formas de análises abordadas neste estudo. Os volumes obtidos de disponibilidade servem como forma de gestão destes recursos para as futuras mudanças apresentadas por qualquer das comunidades. Será possível acompanhar o crescimento das demandas e entender, a partir de dados de vazão ou estimativa de consumo das famílias, a projeção dos seus desenvolvimentos.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Leonardo De; RESENDE, Leonardo; RODRIGUES, Antônio Passos; CAMPOS, José Eloi Guimarães. **Hidrogeologia do Estado de Goiás**. Goiânia, GO: Governo do Estado de Goiás. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração, 2006. v. 1, 232 Disponível em:
http://www.sieg.go.gov.br/downloads/Livro_Hidrogeologia.pdf. Acesso em: 18 fev. 2019.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**: Cadernos de Recursos Hídricos 2. Brasília, DF: ANA, 2007. Disponível em: <https://biblioteca.florida.es/sophia/asp/prima-pdf.asp?codigoMidia=15091&iIndexSrv=1>. Acesso em: 17 fev. 2020.

BORGHETTI, Nadia Rita Boscardin; BORGHETTI, José Roberto; ROSA FILHO, Ernani Francisco Da. **Aqüífero Guaraní: a verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba: [GIA], 2004.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Séries Históricas e Estatísticas**. 2009. Disponível em: <https://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?t=acesso-sistema-abastecimento-agua&vcodigo=IU22>. Acesso em: 14 jul. 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=downloads>. Acesso em: 01 mar. 2020

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Moção nº 38, de 7 de dezembro de 2006a**. Recomenda a adoção do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas-SIAGAS pelos órgãos gestores e os usuários de informações hidrogeológicas. Brasília, DF, Brasil: Ministério do Meio Ambiente, 2006. a. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pdf/Mocao_038_CNRH.pdf. Acesso em: 19 set. 2019

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Moção nº 39, de 7 de dezembro de 2006b**. Recomenda a integração dos Sistemas de Informação: SINIMA, SIAGAS, SIGHIDRO, SNIS, SIPNRH e SNIRH. Brasília, DF, Brasil: Ministério do Meio Ambiente, 2006. b. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/560702/pg-102-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-08-05-2007?ref=goto>. Acesso em: 19 set. 2019.

CAMPOS, J. E. G.; FREITAS-SILVA, F. H. Hidrogeologia do DF. *In: Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal*. Parte 1. Brasília, DF: SEMATEC: IEMA: MMA-SRH, 1998. v. 2 e 4.

CAVALCANTE, Itabaraci Nazareno. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na região metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará**. 1998. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 1998. DOI: 10.11606/T.44.1998.tde-12112015-140423. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-12112015-140423/>. Acesso em: 18 fev. 2020.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**: sistemas de informações geográficas (SIG). Brasília, DF: CPRM, , 2004. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Geologia-Basica/Carta-Geologica-do-Brasil-ao-Milionesimo-298.html>. Acesso em: 30 set. 2019.

DINIZ, João Alberto Oliveira; MONTEIRO, Adson Brito; SILVA, Robson de Carlo Da; PAULA, Thiago Luiz Feijó De. **Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo**: nota técnica.

Recife: CPRM, 2014. Disponível em:
<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15556?show=full>. Acesso em: 25 maio 2019.

DUVAL, Henrique; DUVAL, Henrique Carmona; GÊMERO, César Giordano; FERRANTE, Vera Lúcia Silveira Botta; QUEDA, Oriowaldo; LANDMANN, Oscar Frederico Accyoli. Sistemas Produtivos em Perspectiva Comparada nos Assentamentos das Regiões Central e Leste. **Retratos de Assentamentos**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 89–134, 2012. DOI: 10.25059/2527-2594/retratosdeassentamentos/2012.v15i1.110. Disponível em: <http://retratosdeassentamentos.com/index.php/retratos/article/view/110>. Acesso em: 18 fev. 2020.

FEITOSA, Edilton Carneiro; FILHO, João Manoel; COSTA, Waldir Duarte; FEITOSA, Fernando A. C.; DEMETRIO, José Geilson A.; FRANÇA, Hélio Paiva Macedo De. Avaliação de recursos hídricos subterrâneos. In: **HIDROGEOLOGIA - Conceitos e Aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. p. 661–671. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/14818/3/livro_hidrogeologia_conceitos.pdf.

GOIÁS. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH). **Manual Técnico de outorga**: 1a versão. Goiânia, GO: Governo do Estado de Goiás, 2012. Disponível em: http://www.meioambiente.go.gov.br/images/imagens_migradas/upload/arquivos/2015-07/manual_tecnico_de_outorga_versao_01.pdf. Acesso em: 9 abr. 2019.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA). **Plano estadual de recursos hídricos do estado de Goiás (PERH/GO)**: produto 5. Revisão Final - Setembro 2015. Goiânia, GO: SECIMA, 2015. Disponível em: http://www.meioambiente.go.gov.br/images/imagens_migradas/upload/arquivos/2016-01/p05_plano_estadual_de_recursos_hidricos_revfinal2016.pdf. Acesso em: 4 nov. 2018.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA). **Planos de Recursos Hídricos das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Estado de Goiás Afluentes ao Rio Paranaíba**: Bases Metodológicas (Produto 1). Goiânia: SECIMA, 2018. Disponível em: <http://pbapgo.meioambiente.go.gov.br/wp-content/uploads/2019/06/RT-01-Bases-Metodologicas.pdf>.

GOMES, Maria da Conceição Rabelo; CAVALCANTE, Itabaraci Nazareno; LEMOS, Ediu Carlos Lopes; SILVA, Larissa Silva; PEDROSA, Adriana Albuquerque. Reservas e disponibilidade das águas subterrâneas no campus universitário do PICI/UFC, Fortaleza/Ceará, como subsídio ao planejamento e gestão dos recursos hídricos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO, 2, 2011, São Paulo. **Anais[...]**. São Paulo: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2011.

HOWARD, Guy; BARTRAM, Jamie. **Domestic Water Quantity, Service Level and Health**. Geneva: World Health Organization (WHO), 2003. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf. Acesso em: 12 ago. 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Pesquisa nacional por amostra de domicílio: Séries estatísticas e séries históricas**. 2009. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?t=acesso-sistema-abastecimento-agua&vcodigo=IU22>. Acesso em: 14 jul. 2019.

INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (Brasil). Os assentamentos em Goiás. **Blog do Incra Goiás**. Goiás, 2017. Disponível em:



<https://incragoias.wordpress.com/distribuicao-dos-assentamentos-no-estado-de-goias/>.
Acesso em: 12 jul. 2019.

PAULA, Thiago Luiz Feijó De; CAMPOS, José Eloi Guimarães. Aquíferos com fluxos controlados simultaneamente por porosidade intergranular e planar: aplicação a rochas metassedimentares do Alto Paraguai, MT. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (online)**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 11–24, 2016. DOI: 10.21168/rbrh.v21n1.p11-24. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2318-03312016000100011&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 13 set. 2019.

PESSOAS, Mário Dias; MENTE, Albert; LEAL, Onofre. Províncias hidrogeológicas adotadas para o mapa hidrogeológico do Brasil na escala 1:2.500.000. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1, nov. 1980, Recife. **Anais [...]**. Recife, PE: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 1980. p. 461–473.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. Águas subterrâneas. *In*: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo, SP: Escrituras, 2006.

REGINATO, Pedro Antônio Roehe; STRIEDER, Adelir José. Integração de dados geológicos na prospecção de aquíferos. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 20, n. 1, 2006. DOI: 10.14295/ras.v20i1.9713. Disponível em: <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/9713>. Acesso em: 6 nov. 2019.

SANRURAL. **Diagnóstico Técnico Participativo: Projeto Saneamento e saúde ambiental em comunidades rurais e tradicionais de Goiás**. Goiânia, BrasilGráfica UFG, 2020.

SIEG. Sistema Estadual de Geoinformação Estado de Goiás. Goiânia - GO: Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB), 2013. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/>. Acesso em: 14 abr. 2019.

SILVEIRA, Renata Nayara Câmara Miranda; COSTA, Raimundo Nonato Távora; PEIXOTO, Filipe da Silva; SOUSA, Humberto Gildo De; CAVALCANTE, Itabaraci Nazareno; OLIVEIRA, Rafael Mota De. Reservas hídricas subterrâneas e contribuição à gestão dos recursos hídricos em aluviões no semiárido. **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 35, n. 4, p. 642–651, 2016. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9977/9265>. Acesso em: 18 fev. 2020.

SOUZA, M. T. **Fundamentos para Gestão dos recursos hídricos subterrâneos do Distrito Federal**. 2001. Dissertação Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

TERRA, Thiago Gledson Rios; SABOYA, Luciano Marcelo Fallé; LEAL, Tarcísio Castro Alves de Barros; TAVARES, Tarliane Martins. Diagnóstico do acesso e uso da água no assentamento Vale Verde, Gurupi – TO. **Revista Extensão Rural (online)**, Santa Maria, RS, v. 16, n. 17, 2009. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/extensaorural/art3ed17.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2019.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior. Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 18, 2014, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte, MG: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2014. p. 1–12. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28288/18401>.

4. CAPÍTULO IV – ARTIGO 3

DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL EM ASSENTAMENTOS RURAIS NO ESTADO DE GOIÁS.

RESUMO

As pequenas bacias hidrográficas rurais ainda não são constantemente monitoradas, neste sentido comunidades rurais podem enfrentar problemas no abastecimento. Para estimar a disponibilidade hídrica em assentamentos rurais localizados em Goiás foi aplicada a regionalização de vazões a partir do Método Tradicional para assim, determinar a vazão específica. Com o objetivo de determinar as demandas e quantificar a disponibilidade em 62 assentamentos rurais, foram considerados usos quanto aos consumos per capita e de animais, e pontos de outorgas verificados em cada bacia hidrográfica. A regionalização foi proposta de acordo com as Unidades de Planejamento utilizadas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Goiás. Para a validação da metodologia foram realizadas leituras de vazão mínima em campo, e levantamento dos metadados de disponibilidade hídrica, divulgados pela Agência Nacional de Águas (ANA), para que sejam comparadas as respectivas vazões específicas, juntamente com os erros relativos. A vazão específica da regionalização apresentou valores menos discrepantes quando comparada aos resultados da ANA, em média com média 1,62 L/s.km² e 3,53 L/s.km². Quanto à comparação das metodologias mencionadas com as medições de campo, as vazões específicas da regionalização foi a que se comportou de forma mais próxima à vazão específica da medição. Quanto à análise da disponibilidade hídrica verificou-se que 22 estão sob risco de desabastecimento, sendo cinco com resultados comprovados em campo e as demais de acordo com a vazão obtida pela regionalização. Portanto, 35,48% dos assentamentos rurais trabalhados no estudo podem ter problemas de abastecimento de água, sendo que, as comunidades localizados na bacia hidrográfica dos Afluentes Goianos do Médio Araguaia, requerem maior atenção visto que apresentou resultados com o pior desempenho.

PALAVRAS-CHAVE: comunidade rural, bacia hidrográfica, vazão específica, vazão de referência.

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento de recursos hídricos no Brasil ainda é deficitário e acaba por vezes não englobando muitas as áreas de interesse, visto as dimensões continentais do país (MELATI; MARCUZZO, 2016). Aliadas a essa adversidade encontra-se um número insuficiente de estações fluviométricas e pluviométricas para que se consiga estabelecer estudo e monitoramento adequado, principalmente na análise de ambientes rurais e em pequenas bacias, onde não há constantes monitoramentos.

Estudos de disponibilidade hídrica nestes locais ainda não foram amplamente discutidas, ações de controle e de qualidade de água em ambiente rural ainda não possuem a devida atenção de autoridades públicas.

Em estudos desenvolvidos por Santos *et al.* (2018) os autores verificaram que as comunidades assentadas no semiárido de Alagoas são vulneráveis a eventos de escassez de águas, devido às condições econômicas menos favorecidas das famílias, e os altos custos de implantação de redes de abastecimento. A situação se agrava devido à variabilidade hídrica da região e as dificuldades de armazenamento de água, que por muitas vezes acontecem por meio do uso de cisternas. Agregadas à estas dificuldades este assentamento ainda enfrenta problemas com a qualidade da água já que não recebem tratamento adequado.

Os problemas a respeito da falta de conhecimento sobre a disponibilidade hídrica podem afetar a produção agropecuária das famílias. No estado de São Paulo para auxiliar no abastecimento, produção e demais finalidades, os assentados recorrem ao armazenamento em cisternas de água de chuva, caminhão pipa e ligações clandestinas de redes de água devido às dificuldades de acesso (DUVAL *et al.*, 2012).

As mesmas condições de abastecimento e acesso à água foi encontrado em assentamentos rurais na Bahia, a análise de Guimarães e Paula (2013) constataram a precariedade no abastecimento de água e ainda fora dos padrões de qualidade.

Percebe-se que os assentamentos rurais enfrentam problemas de disponibilidade de água em diversas regiões no território nacional e deve haver estudos prévios de disponibilidade antes da implantação das comunidades.

Dentro da necessidade da realização de projetos voltados a essas e outras bacias hidrográficas desfavorecidas de dados, Silveira, Tucci e Silveira (1998) propuseram que para regiões caracteristicamente limitantes, ou seja, que contam com escassez de dados e/ou não há possibilidade de realizar medições, a extrapolação dos parâmetros de bacias maiores é uma metodologia que pode ser empregada, utilizando a regionalização de vazões.

Existem inúmeras metodologias formais para determinar as vazões ambientais, dentre elas, Tucci (2002) demonstra metodologias variadas para a regionalização de vazões de frequência. Um dos métodos mais difundidos no Brasil é o Método Tradicional (MT), retratado

pela Eletrobrás (1985b), esse método é aplicado para regressões regionais e podem ser empregadas nas vazões de interesse como, por exemplo, em vazões mínimas, médias com curta ou longa duração, tal como desenvolvido em Paracatu, por Novaes *et al.* (2007) ao fazer o comparativo entre as metodologias de regionalização, não encontraram diferença significativa.

A regionalização de vazões a partir da Q_{95} aplicada a pequenas bacias serve como base para a determinação da vazão específica (q_{esp}). Alguns estados tais como Mato Grosso do Sul, Espírito Santo, Mato Grosso, Paraná e Rio de Janeiro utilizam a mesma vazão de referência. Esta é uma variável hidrológica que pode ser usada em estudos de regionalização e o seu valor se dá por meio da relação entre a vazão e a sua respectiva área de drenagem (TUCCI, 2002). De acordo com Lima *et al.*, (2008) é um parâmetro que deve ser utilizado em áreas com redução de postos fluviométricos.

Diante do apresentado objetiva-se com este estudo determinar demanda de consumo e a disponibilidade hídrica superficial para assentamentos rurais do estado de Goiás.

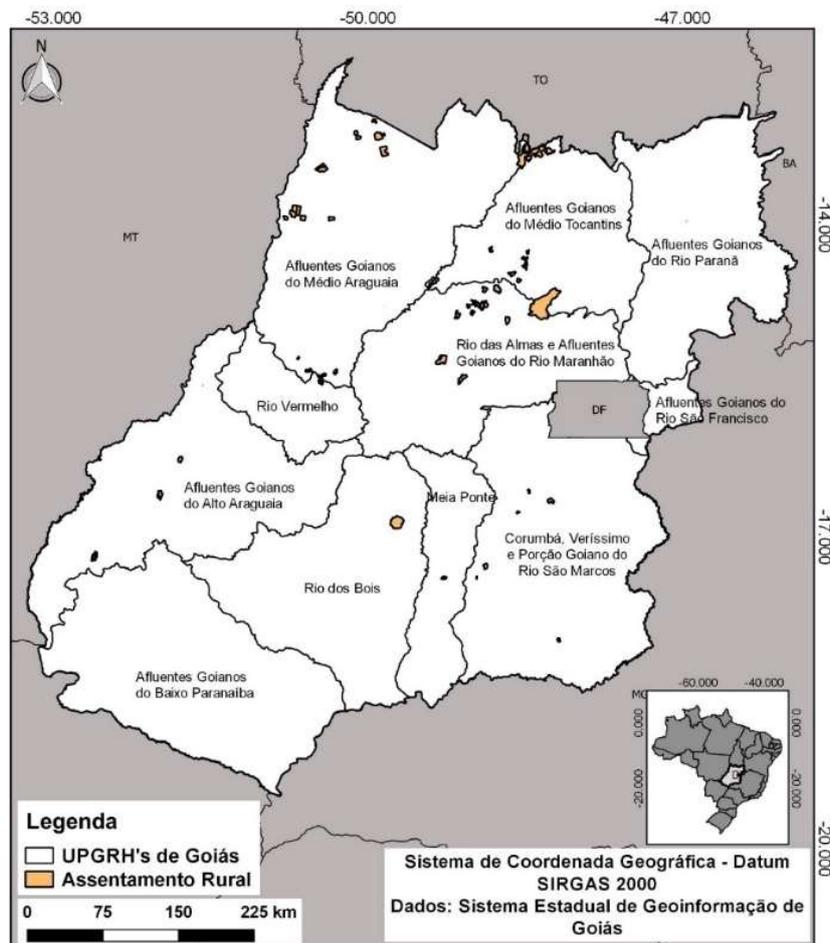
2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo da pesquisa é de 62 assentamentos rurais do estado de Goiás pertencentes à gestão da Superintendência Regional 04 do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), onde estão inseridas 2904 famílias (INCRA, 2017).

O assentamento rural de Canudos está localizado no Oeste Goiano e é a mais próxima da capital Goiânia, situando-se a 100 km de distância, a mais distante trata-se de Lageado localizada no Norte Goiano, e fica a uma distância de 500 km da capital. Os assentamentos estão inseridos em oito das 11 regiões hidrográficas que compõem as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Goiás (PERH) (GOIÁS, 2015a), como pode ser observado na Figura 4.1, onde as áreas dos assentamentos rurais ocupam 0,6% da área de Goiás.

Figura 4.1 – Distribuição espacial dos Assentamentos rurais no estado de Goiás que foram objeto de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de bases de dados geográficos disponibilizadas pelo SIEG (2013).

Inicialmente foram delimitadas as bacias que atendem os assentamentos rurais. Sabendo-se que nelas o abastecimento tende a ocorrer de forma individual (SANRURAL, 2020), ou seja, por meio de manancial subterrâneo ou manancial superficial (SANRURAL, 2020), as bacias hidrográficas foram delimitadas a partir de imagem DEM SRTM com resolução de 30 m, por um delimitador automático do *software* QGIS 2.18. Assim a análise individualizada foi realizada incluindo todas as coordenadas de casas.

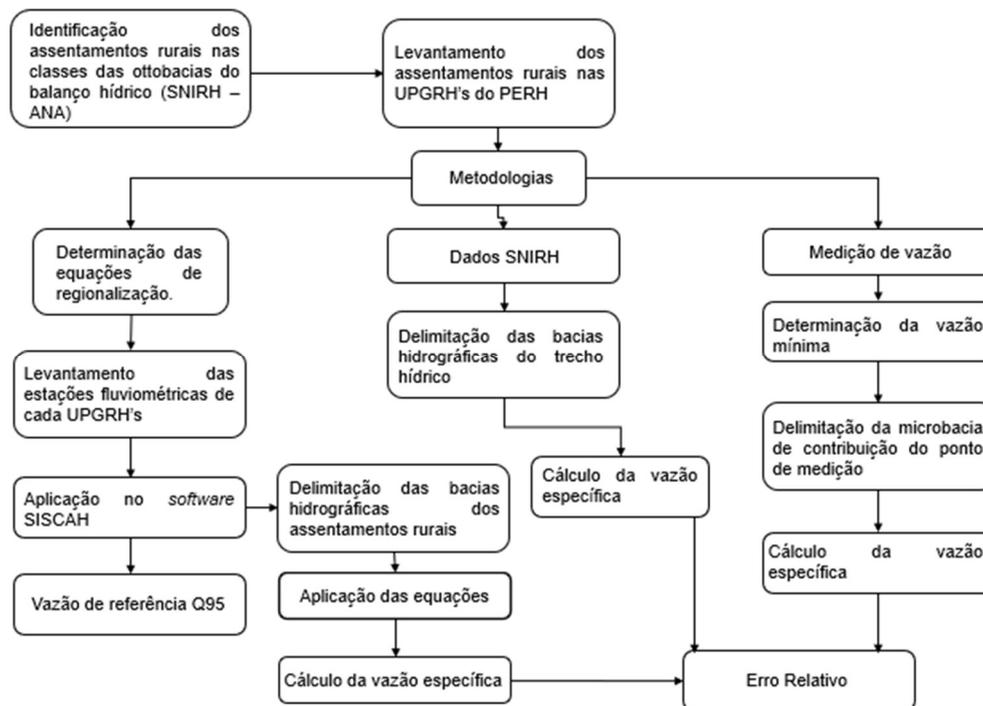
A avaliação das vazões específicas e seus respectivos erros foram realizados considerando as metodologias de regionalização de vazões, metadados do SNIRH e em alguns casos a medição em campo. Desta forma para os assentamentos rurais sob ottobacias excelentes e confortáveis, de acordo com a classificação do SNIRH, aplicou-se duas metodologias: a regionalização de vazão e os metadados do SNIRH. Para os assentamentos rurais em ottobacias muito críticas, críticas e preocupantes a análise das vazões específicas ocorreram para três metodologias: regionalização de vazões, dos metadados divulgados pelo SNIRH, e medições em campo. As etapas estão descritas na Figura 4.2.

Para avaliação das metodologias adotadas para este estudo, foram utilizados cálculos de erro para as vazões específicas. Este erro relativo foi calculado para todos os assentamentos rurais, tendo em vista a diferenciação apresentada para as classes das ottobacias. Para isto foi utilizada a Equação 1:

$$ER = 100 \times \left(\frac{q_{obs} - q_{est}}{q_{obs}} \right) \quad (1)$$

onde, ER é o erro relativo (%); q_{obs} é a vazão específica observada (L/s.km²); q_{est} é a vazão específica estimada (L/s.km²). Foi considerado aceitável valores de erro menores que 30% de acordo com Eletrobrás (1985b), já que valores diferentes podem superestimar ou subestimar as vazões.

Figura 4.2 – Fluxograma dos métodos utilizados para análise e comparação do erro das vazões específicas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

2.2 Regionalização de Vazões

A regionalização de vazões aplicada neste estudo ocorreu a partir do método tradicional com as vazões de referência das Bacias Hidrográficas do PERH, aplicadas aos assentamentos rurais correspondentes.

Este método tradicional é bastante empregado e difundido no Brasil, consiste na identificação de regiões homogêneas e no ajuste das múltiplas regressões entre vazão e outras características físicas e/ou climáticas das regiões (ELETROBRAS, 1985b; MELATI; MARCUZZO, 2016). As características discutidas neste trabalho foram a vazão de referência a Q_{95} , definida para o cálculo de disponibilidade hídrica, adotada para o estado de acordo com

a Instrução Normativa nº004 (GOIÁS, 2015b) e a área de drenagem. Considerou-se como disponibilidade hídrica da microbacia hidrográfica o resultado do balanço das demandas e 50% da Q_{95} , de acordo com a Resolução CERHi nº22/2019, onde estabelece o limite de 50% da vazão de referência em retiradas em forma de outorga em uma bacia hidrográfica.

O levantamento das estações fluviométricas foi obtido por meio do Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) (ANA, 2015). Posteriormente foram definidas estações fluviométricas capazes de fornecer dados com pelo menos 5 anos e sem falhas, no Sistema Computacional de Análises Hidrológicas (SISCACH) (BAZZO *et al.*, 2017). Logo após foi elaborada curva de permanência, a fim de obter a vazão de referência Q_{95} referente a cada uma das estações.

A curva de permanência elaborada após análise dos dados de cada estação no interior da sua bacia, serviu como base para a formulação de equações a fim de determinar a vazão de referência do estado de Goiás, a vazão de permanência Q_{95} (BAZZO *et al.*, 2017; FIOREZE *et al.*, 2008).

O reagrupamento das estações ocorreu de acordo com a localização nas bacias do PERH, assim, oito equações de regionalização da vazão de referência foram definidas, já que as áreas de estudos estão localizadas em oito das 11 bacias do supracitado plano.

A relação das variáveis aplicadas a este estudo se deu pelo modelo potencial (Maciel *et al.*, 2019). Para formulação das equações, foi realizado com base no coeficiente de determinação (R^2) calculado para cada conjunto de bases das Bacias Hidrográficas do PERH, em que, serão consideradas satisfatórios valores entre 0,9 e 1 (SOUZA, 2009; BAZZO *et al.*, 2017).

Para verificar o desempenho das equações foi utilizado o coeficiente de determinação ajustado (R^2a), conforme Equação 2:

$$R^2a = 1 - \frac{n-1}{n-p-1} * (1 - R^2) \quad (2)$$

onde, R^2a = coeficiente de determinação ajustado; n = número de valores observados; p = número de variáveis independentes e R^2 = coeficiente de determinação.

Com a definição da vazão de referência (Q_{95}) pela regionalização a partir da área da bacia dos assentamentos foi possível estabelecer a vazão específica. Esta encontrada foi objeto de comparação para as diferentes metodologias adotadas ao longo deste estudo.

A vazão específica foi calculada e aplicada a todos os dados a partir da correlação entre a área e a vazão de referência de acordo com a Equação 3:

$$q = \frac{Q_{95}}{A} * 1000 \quad (3)$$

Onde, q (L/s.km²) = vazão de referência; A (km²) = área da bacia definida e Q_{95} (m³/s) = vazão de referência.

2.3 Vazões de referência do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)

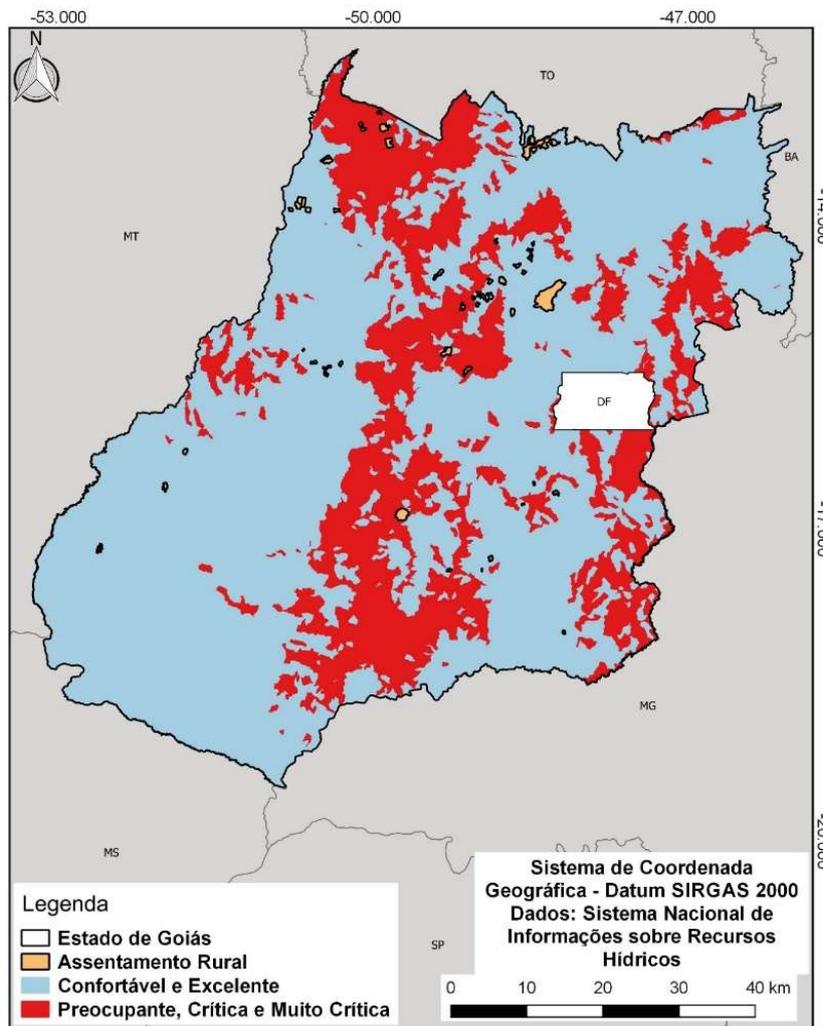
A Agência Nacional de Águas (ANA) por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) dispõe em sua base de dados uma gama de informações para a busca de referências sobre os recursos hídricos (ANA, 2016). Este balanço é o resultado do manejo de dados quantitativos da vazão de retirada, e dos usos consuntivos. Foram utilizados também os dados, em formato *shapefile*, dos resultados do levantamento da disponibilidade hídrica (Q_{95}) de alguns trechos de rios do estado de Goiás.

O balanço realizado para ottobacias contém faixas de classificação adotadas pela *European Environment Agency* e Nações Unidas. As faixas correspondem ao índice de retirada de água, onde todas as microbacias hidrográficas do país estão classificadas em 5 faixas: excelente, confortável, preocupante, crítica e muito crítica (ANA, 2016), Figura 4.3.

Os dados do SNIRH foram novamente utilizados, para comparação com a metodologia de regionalização de vazões e da medição em campo, ocorreu por meio da vazão de referência estimada por trechos de rio. A partir da identificação dos rios principais do estado de Goiás foi realizada a quantificação da vazão de referência (Q_{95}) ao longo das redes de drenagem.

Para as análises dos dados foi realizada a identificação dos trechos dos rios principais que recebem contribuições dos seus afluentes, após definido o trecho verificou-se nova área de contribuição e a partir destes dados foi possível estabelecer cálculo de uma nova vazão específica para fins de confrontação metodológica. Em alguns casos devido à proximidade entre trechos envolvendo o curso hídrico de uma comunidade a outra, optou-se por considerar valores iguais de áreas e vazões de permanência.

Figura 4.3 – Classificação das Ottobacias quanto a criticidade disponível pelo SNIRH e localização dos assentamentos rurais.



Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (2016).

2.4 Escolha de assentamentos rurais para determinação de vazão

A determinação da vazão nos mananciais superficiais foi realizada naqueles assentamentos rurais que se encontravam total ou parcialmente, segundo classificação da ANA (ANA, 2016), em preocupante, crítico e muito crítico, resultando em 16 assentamentos rurais, dispostas na Tabela 4.1. Diante do balanço hídrico em microbacias hidrográficas apresentadas pela ANA, bem como as faixas de classificação, realizou-se a confrontação, mediante ferramentas de geoprocessamento, entre os limites da comunidade e as microbacias hidrográficas correspondentes, com a finalidade de conhecer a situação destes assentamentos rurais. Em caso de identificação de dois ou mais recursos hídricos utilizados para abastecimento, a medição aconteceu naquele de maior abrangência dentro da comunidade de acordo com a possibilidade de acesso ao recurso, conforme Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Classificação dos assentamentos rurais pelo SNIRH.

Classes	Assentamento
Muito crítica, crítica e preocupante	Aranha, Campo Alegre, Canudos, Engenho da Pontinha, Florestan Fernandes, Independência, Itajá II, Lageado, Lagoa Santa, Lagoa Seca, Monte Moriá, Novo Horizonte II, Presente de Deus, São José, Umuarama e Vitória

Fonte: ANA (2016).

A metodologia empregada, com a visita *in loco* em 16 assentamentos (25,81%) dos 62 que são objeto desta pesquisa, foi em função do recurso existente, tempo e disponibilidade de equipamentos e de auxiliar técnico, considerando assim, uma pior situação.

2.5 Demandas e outorgas

As demandas foram estimadas por meio das outorgas superficiais disponibilizadas pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento (SEMAD), em conjunto com as estimativas de demandas de consumo para cada família e o desenvolvimento agropecuário, para isso, levou-se em consideração que todas as famílias fizessem uso exclusivo dos mananciais, a fim de criar o cenário mais desfavorável. Quanto à demanda de consumo, foi estimada a partir do total de famílias e a média do número de moradores para cada assentamento rural, obtido pelo Projeto SanRural (SANRURAL, 2020), juntamente com o cálculo do erro amostral.

Em relação ao consumo agropecuário o quantitativo de cabeças relacionadas à área da bacia estudada foi obtida pela correlação entre os dados do IBGE aplicados ao município de localização da comunidade rural. Considerou-se para tal cálculo as categorias de animais: bovinos, equinos, suínos, galináceos e caprinos utilizando como referência o consumo para dessedentação indicado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (EMBRAPA, 2019), conforme Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Consumo de água para pecuária aplicada aos assentamentos rurais.

Pecuária	Consumo/cab (L/dia)
Bovino	150,00
Equino	60,00
Suíno	35,00
Caprino	30,00
Galináceos	0,25

Fonte: EMBRAPA (2019).

2.6 Medições hidráulicas *in loco* e determinação da vazão

As medições *in loco* foram realizadas nos meses de agosto e setembro de 2019, período esse que corresponde ao de estiagem, assim, observa-se a ocorrência de vazões mínimas e é o período mais crítico para o abastecimento.

O período hidrológico pode ser observado pela classificação climática Aw de Köppen-Geiger, atribuída a parte do estado de Goiás (MASTELLA *et al.*, 2019). O clima do tipo Aw é representado por estações de seca e de chuvas bem definidas, a chuvosa nos meses de novembro a abril, e estação seca de maio a outubro (BRASIL, 2018).

Para a medição de vazão nos mananciais superficiais existentes nos assentamentos rurais foi utilizado equipamento ADV (*Acoustic Doppler Velocimeter ADV Series*) SONTEK *flowtracker* para profundidades de até 1,0 m e SONTEK *RiverSurveyour* e o equipamento *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) para vazões superiores. O *Flowtracker* é um medidor pontual de velocidade da água, que utiliza sensores de envio acústico (SONTEK, 2007). As vazões foram determinadas a partir das medições pontuais de velocidade em espaçamentos de 0,10 m a 0,15 m na seção selecionada por meio de sonda.

O trabalho *in loco* foi realizado para 15 dos 16 assentamentos, sendo que o *Flowtracker* foi utilizado em 14 delas. Devido às características do curso hídrico na outra comunidade fez-se o uso do ADCP. Os trechos foram escolhidos de acordo com as condições de acesso e proximidade com o ponto de análise inicialmente estabelecido.

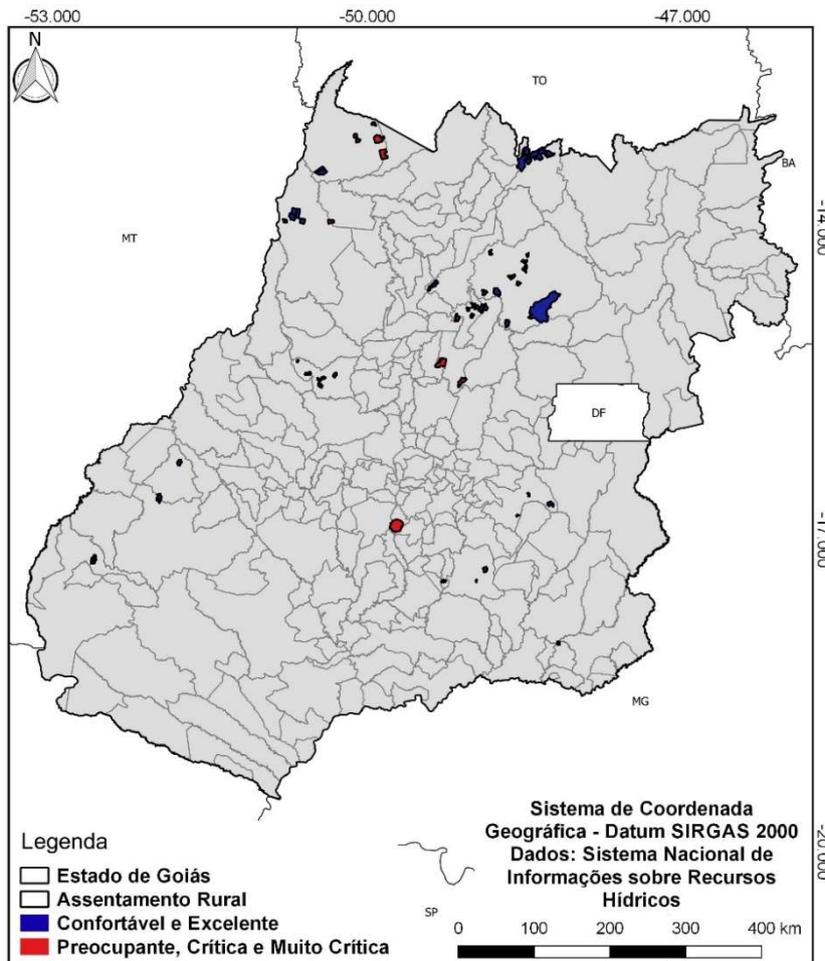
Para um único assentamento foi utilizado o medidor de vazão, ADCP, já que *Flowtracker* não comportava a velocidade do trecho. A determinação da velocidade acontece pela emissão de um feixe acústico em toda sessão do trecho estudado, utilizando dimensões de longitude, latitude e profundidade.

Não foi possível realizar a medição em apenas um assentamento rural em decorrência de alguns imprevistos, tais como, o início de período chuvoso, dificuldade de adequação da medição ao cronograma estabelecido para as visitas em campo, por se tratar de uma comunidade afastada das demais amostradas. Diante das dificuldades tornou-se inviável a realização da atividade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao realizar a correlação entre os limites dos assentamentos rurais aos dados do SNIRH, observa-se na Tabela 4.1 a identificação de 25,8% das comunidades com áreas em bacias muito críticas, críticas e preocupantes, e 74,2% das restantes estão em excelentes e confortáveis, conforme representação da Figura 4.4 e Tabela 4.3.

Figura 4.4 – Ottobacias disponíveis pelo SNIRH e localização dos assentamentos rurais.



Fonte: Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (2013).

Tabela 4.3 – Classificação dos Assentamentos rurais pelo SNIRH.

Classes	Assentamento Rural	Quantidade	
		N	(%)
Muito crítica, crítica e preocupante	Aranha, Campo Alegre, Canudos, Engenho da Pontinha, Florestan Fernandes, Independência, Itajá II, Lageado, Lagoa Santa, Lagoa Seca, Monte Moriá, Novo Horizonte II, Presente de Deus, São José, Umuarama e Vitória	16	26%
Excelente e confortável	17 de abril, Acaba Vida, Água Limpa, Água Quente, Arraial das Antas II, Boa Esperança, Buriti, Cantoneiras, Céu Azul, Conceição, Cora Coralina, Dom Roriz, Engenho do Bom Sucesso, Fortaleza, Formiguinha, Gustavo Martins, João de Deus, José Martí, Julião Ribeiro, Lagoa Genipapo, Limoeiro, Madre Cristina, Mucambão, Nascente São Domingos, Noite Negra, Piracanjuba, Pouso Alegre, Rio Araguaia, Rio Vermelho, Roberto Martins Melo, Rochedo, Rosa Luxemburgo, Salto para o Futuro, Santa Fé da Laguna, Santa Maria do Crixás-Assu, Santa Rita do Broeiro, Santo Antônio das Areias, São José do Piçarrão, São Judas, São Lourenço, São Salvador, São Sebastião da Garganta, São Thiago, Sebastião Rosa da Paz, Serra das Araras, Taramã	46	74%

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Após a correlação aos metadados do SNIRH foi possível identificar o quantitativo de áreas dos assentamentos rurais em cada classe. Verificou-se que a UPGRH dos Afluentes Goianos do Médio Tocantins, seguida dos Afluentes Goianos do Médio Araguaia apresentaram as maiores porções de área cujas ottobacias são excelentes e confortáveis, enquanto que para as faixas de preocupante, crítica e muito crítica as estiveram em Afluentes Goianos do Médio Araguaia, seguidas da UPGRS de Rio das Almas e Afluentes Goianos do Rio Maranhão. Ao analisar os resultados obtidos, apesar de referencialmente as duas melhores classes apontarem para o total significativo de 1.654 km², ou seja, mais de 82,42% do total, ainda existem 352,87 km², quase 17,58% em situação preocupante, crítica e muito crítica, ou seja, famílias podem estar sendo afetadas pela disponibilidade destes recursos.

Diante disso, a regionalização foi aplicada para as oito das 11 Bacias Hidrográficas abordadas pelo PERH, utilizando as estações pluviométricas com oferta mínima de 5 anos de dados sem falhas, foi possível chegar às equações das vazões de referência descritas na Tabela 4.4. O método apresentou coeficientes de determinação ajustados acima de 0,9 em todas as equações e foram consideradas favoráveis a utilização no presente trabalho.

Tabela 4.4 – Equações de regionalização.

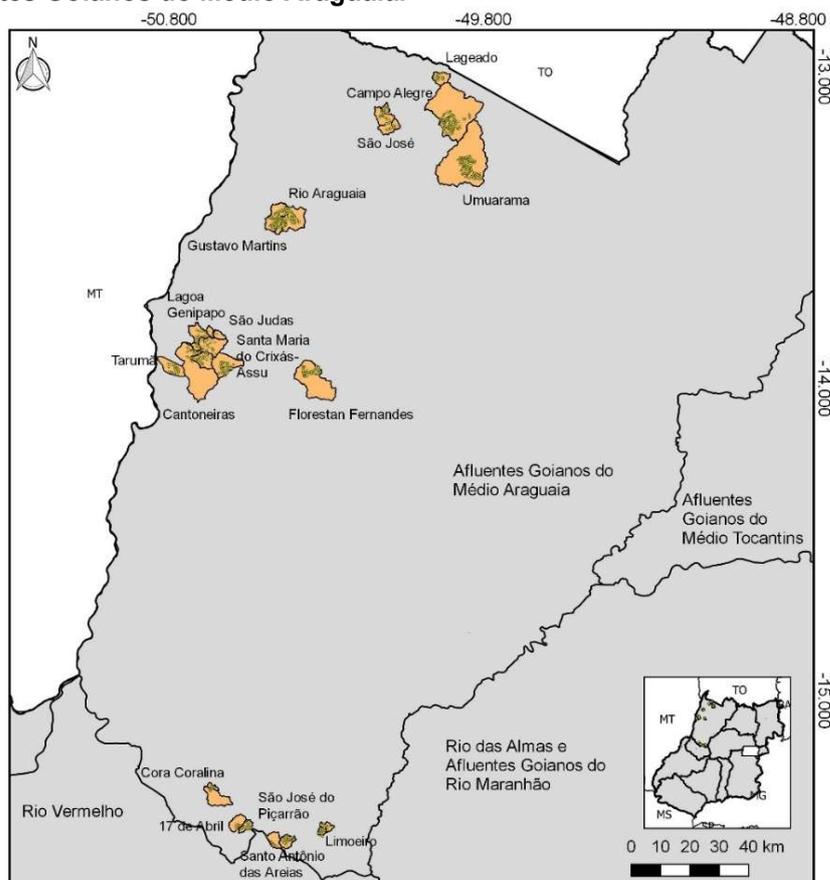
Bacias PERH	Número de Estações	Equações de Regionalização		
		Q ₉₅	R ²	R ² a
Afluentes Goianos do Alto Araguaia	5	$Q_{95} = 0,0002 * A^{1,3159}$	0,9937	0,987
Afluentes Goianos do Médio Araguaia	4	$Q_{95} = 2E - 10 * A^{2,4862}$	0,9952	0,986
Afluentes Goianos do Médio Tocantins	4	$Q_{95} = 0,0003 * A^{1,273}$	0,9978	0,993
Corumbá, Veríssimo e Porção Goiana do Rio São Marcos	6	$Q_{95} = 0,0128 * A^{0,8767}$	0,9719	0,953
Meia Ponte	8	$Q_{95} = 0,006 * A^{0,9483}$	0,9959	0,994
Rio das Almas e Afluentes Goianos do Rio Maranhão	4	$Q_{95} = 0,0003 * A^{1,273}$	0,9978	0,993
Rio dos Bois	6	$Q_{95} = 0,0234 * A^{0,8685}$	0,9943	0,991
Rio Vermelho	4	$Q_{95} = 0,0014 * A^{1,03}$	0,9928	0,978

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ao utilizar as equações de regionalização de vazões, para todas as comunidades, percebeu-se que ainda que para o grupo dos 46 assentamentos cujas microbacias hídricas estejam em situação cuja microbacia obteve classificação hídrica como excelente e confortável, foram encontradas vazões de referências e vazões específicas próximas a zero. Os casos foram identificados em: 17 de Abril, Cantoneiras, Cora Coralina, Gustavo Martins, Lagoa Genipapo, Limoeiro, Rio Araguaia, Santa Maria do Crixás-Assú, Santo Antônio das Areias, São José do Piçarrão, São Judas e Tarumã. A bacia de contribuição dessas estiveram entre 16,00 km² a 170,00 km², sendo todas pertencentes à Bacia Hidrográfica dos Afluentes Goianos do Médio Araguaia, Figura 4.5.

Em casos em que os assentamentos rurais foram classificados hidricamente como muito críticos, críticos e preocupantes, em apenas 16 conforme Tabela 4.1, foi averiguado casos de vazão de referência e vazão específica próxima a zero em um total de cinco assentamentos rurais. Trata-se de Campo Alegre, Florestan Fernandes, Lageado, São José e Umuarama, e estão incluídas na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Goianos do Médio Araguaia, e apresentam áreas de contribuições de 20,00 km² a 260,00 km², Figura 4.5.

Figura 4.5 – Distribuição espacial das bacias hidrográficas dos Assentamentos Rurais na UPGRH dos Afluentes Goianos do Médio Araguaia.



Legenda

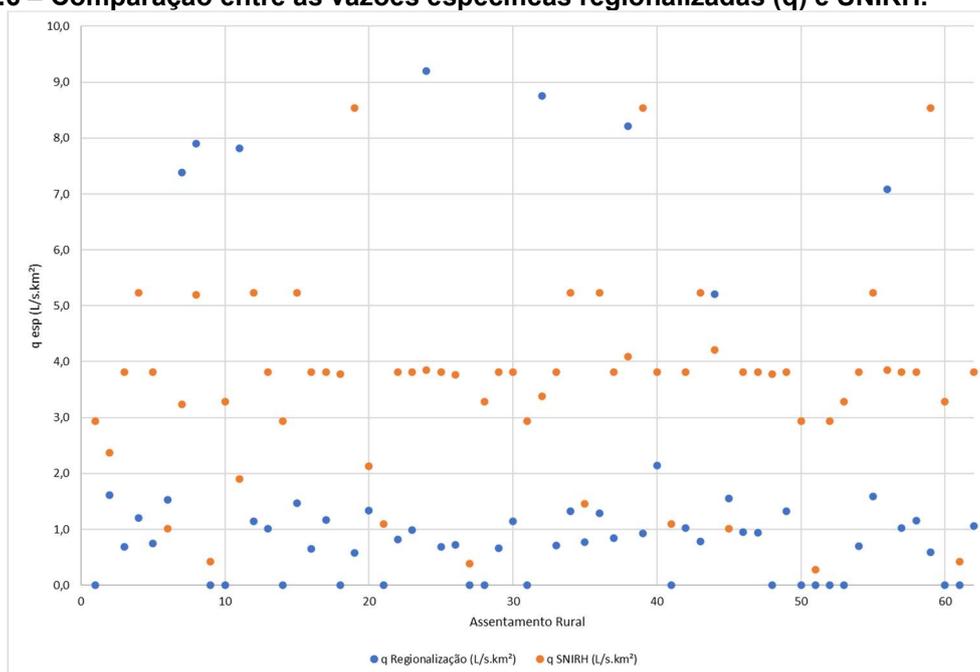
- Domicílio do Assentamento Rural
- Bacia hidrográfica do Assentamento Rural
- UPGRH's de Goiás

Sistema de Coordenada Geográfica -
 Datum SIRGAS 2000
 Dados: Sistema Estadual de
 Geoinformação de Goiás

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de bases de dados geográficos disponibilizadas pelo SIEG (2013).

Ao comparar as respectivas vazões específicas referentes às metodologias, regionalização e aos metadados SNIRH, pôde-se observar, vide Figura 4.6, que a vazão específica do primeiro método apresenta pico de 9,19 L/s.km² e pelo segundo apresentara pico que se aproximaram de 8,54 L/s.km². Diante dele pôde-se verificar que em média a vazão específica aplicada pela metodologia de regionalização de vazões esteve entre 1,62 L/s.km², e para a outra metodologia se manteve em 3,53 L/s.km².

Figura 4.6 – Comparação entre as vazões específicas regionalizadas (q) e SNIRH.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

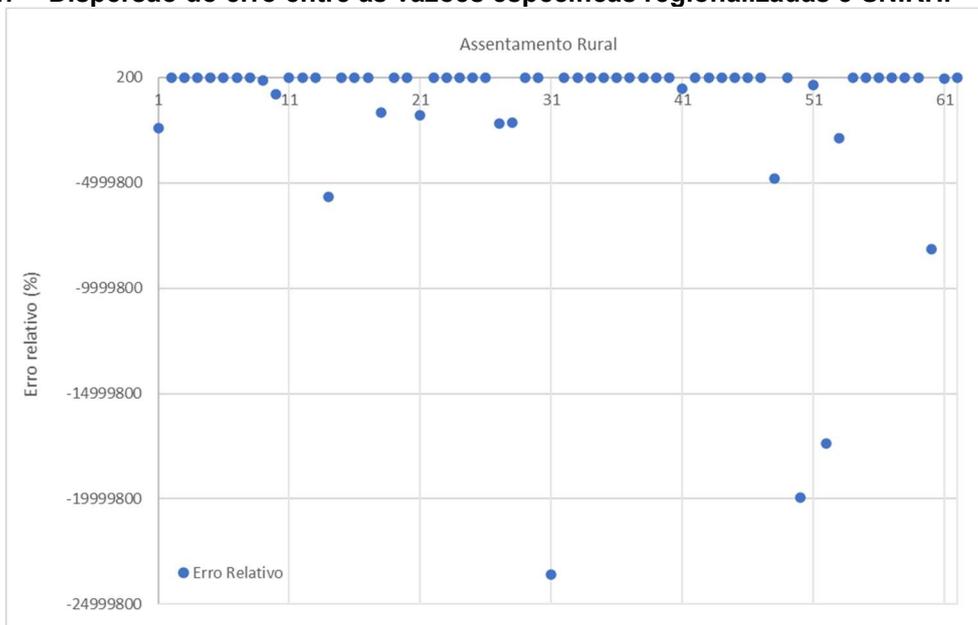
Observou-se que em 83,87% dos assentamentos rurais a vazão específica do SNIRH permaneceu a frente dos encontrados na regionalização, em termos gerais os comportamentos apresentaram semelhanças. Nos casos contrários, com exceção de Canudos, a regionalização foi aplicada a áreas de até 14,00 km² a 122,00 km², em bacias das UPGRH's de Corumbá, Veríssimo e Porção Goiana do Rio São Marcos, Rio dos Bois e Rio Vermelho.

Quanto ao erro da vazão específica entre as duas metodologias tendo como o erro da regionalização de vazões como ponto principal, percebe-se que, há alguns pontos onde a análise apresentou picos elevados em comparação ao limite de |30%|, conforme Figura 4.7, apenas o assentamento rural de Canudos permaneceu com erro de 19%, as demais estiveram com variação de -23602325,17% a 75,67%. Verificou-se a variação negativa como a de maior prevalência, em cerca de 83,87% dos assentamentos, o que pode indicar a superestimativa de vazão pelos metadados do SNIRH. Os erros entre -23602325,17% e -55394,09% estiveram associados a vazão específica próxima a zero a partir dos resultados da regionalização, mais especificamente entre $0,1 \cdot 10^{-4}$ L/s.km² e $0,77 \cdot 10^{-3}$ L/s.km² ocorridas em áreas de .16,116 km² a 170,717 km². Sendo que os picos apresentados na Figura 4.7 estão relacionados a áreas de 16,116 km² a 75,35 km².

Com base na classificação hídrica da Tabela 4.1, foram realizadas medições de vazão *in loco*, todas estas possuem áreas em bacias preocupantes, críticas e ou muito críticas. Estas comunidades fazem parte dos municípios de Goianésia, Niquelândia, Nova Crixás, Santa Rita do Novo Destino, São Miguel do Araguaia, São Luíz do Norte, e Palmeiras de Goiás. Os

assentamentos rurais selecionados fazem parte de três das 11 delimitadas pelo PERH, são elas as Bacias hidrográficas dos Afluentes Goianos do Médio Araguaia, Rio dos Bois, Rio das Almas e Afluentes Goianos do Rio Maranhão, sendo nove comunidades pertencentes a última Bacia Hidrográfica.

Figura 4.7 – Dispersão do erro entre as vazões específicas regionalizadas e SNIRH.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Análise da vazão específica e erro em Assentamento Rural com medição de vazão em campo

Das 15 comunidades visitadas em campo realizou-se a medição em dez delas, nas cinco restantes não foi possível completar a atividade, pois não havia água corrente, o que se caracterizou pela água empoçada e sem fluxo, ou o leito do córrego seco, o seguinte cenário foi encontrado em áreas de 3,00 km² a 266,00 km³. Apesar de se tratar de uma medição pontual realizada no final do período de seca foi possível determinar a vazão específica prevista para o pior cenário possível. A condição negativa para a existência de água no curso hídrico foi encontrada nos assentamentos rurais de Engenho da Pontinha, Independência, Lageado, Lagoa Santa e Umuarama.

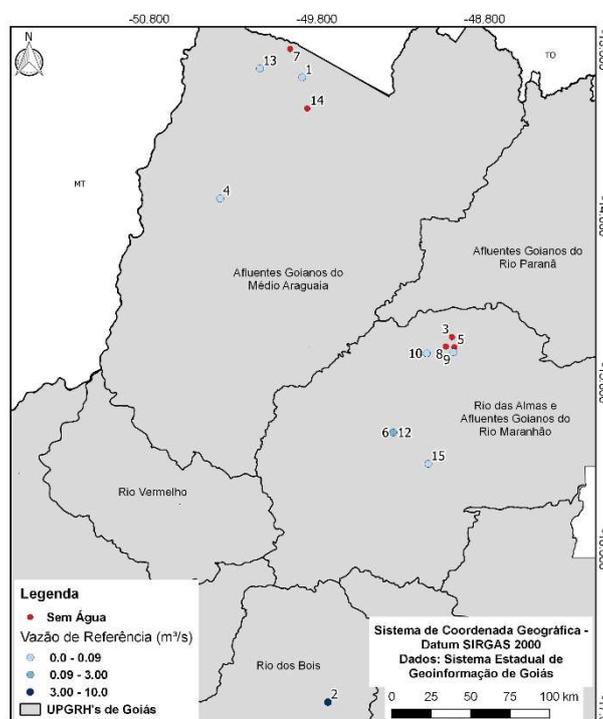
Na Tabela 4.5 pôde-se perceber que os assentamentos rurais cuja vazão de referência próximas a zero quando regionalizadas, este resultado é condizente com o encontrado em campo pela medição de vazão, no caso sem a presença de água. As áreas de contribuição das microbacias permaneceram entre 20 km² a 258 km². Com exceção de Independência inserido na UPGRH Rio das Almas e Afluentes Goianos do Rio Maranhão, os demais assentamentos rurais fazem parte UPGRH dos Afluentes Goianos do Médio Araguaia, Figura 4.8.

Tabela 4.5 – Comunidades de medição *in loco* e período de medição.

Assentamento	Recurso Hídrico	Vazão de referência (m ³ /s)	Data de medição	Coordenadas	
(1) Campo Alegre	Ribeirão da Mata	0,0096	02/09/2019	-13.165549	-49.887282
(2) Canudos	Rio dos Bois	9,963	26/08/2019	-16.917266	-49.734115
(3) Engenho da Pontinha	Córrego Corgão	Sem água	16/09/2019	-14.724911	-48.994612
(4) Florestan Fernandes	Córrego São Jorge	0,0348	03/09/2019	-13.893491	-50.376383
(5) Independência	Córrego do Puba	Sem água	16/09/2019	-14.786258	-48.980815
(6) Itajá II	Córrego Pica-pau	0,110	19/09/2019	-15.298078	-49.344333
(7) Lageado	Córrego Lageado	Sem água	01/09/2019	-12.994979	-49.959160
(8) Lagoa Santa	Córrego Lourenço	Sem água	16/09/2019	-14.781963	-49.030756
(9) Lagoa Seca	Córrego Fundão	0,0278	16/09/2019	-14.815632	-48.986674
(10) Monte Moria	Córrego Fundo	0,030	17/09/2019	-14.822684	-49.145086
(11) Novo Horizonte II	Córrego Fundo	0,0261	17/09/2019	-14.822684	-49.145086
(12) Presente de Deus	Córrego Pica-pau	0,1091	19/09/2019	-15.298078	-49.344333
(13) São José	Córrego Formiga	0,0037	01/09/2019	-13.112285	-50.139083
(14) Umuarama	Córrego da Infusão	Sem água	02/09/2019	-13.352305	-49.857930
(15) Vitória	Ribeirão Santa Família	0,0571	19/09/2019	-15.486148	-49.135948

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 4.8 – Distribuição geográfica dos resultados de campo para vazão de referência.



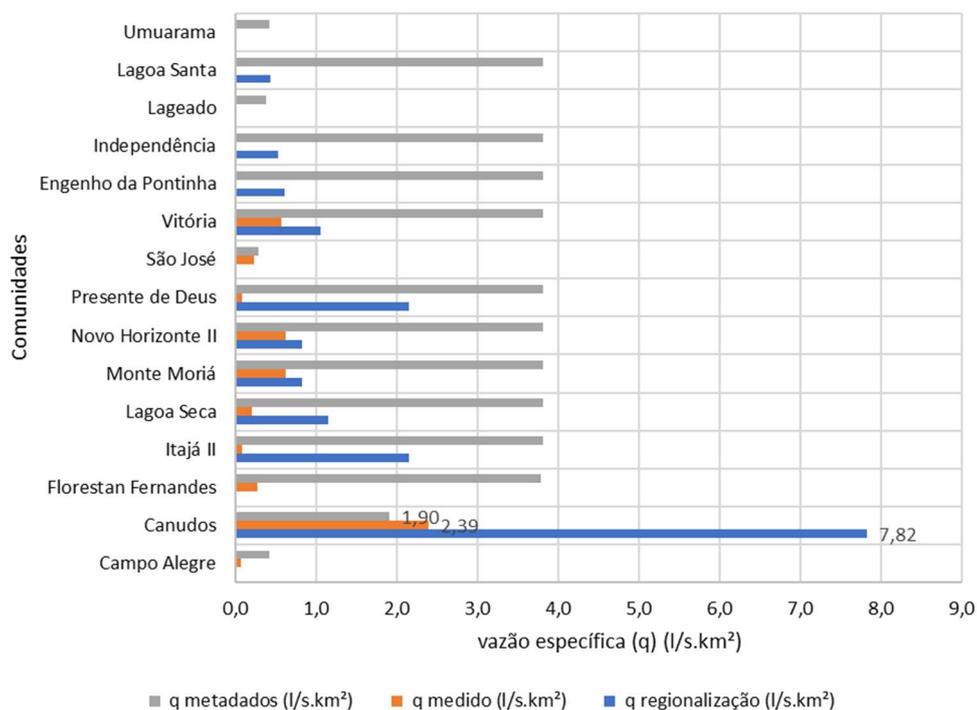
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de bases de dados geográficos disponibilizadas pelo SIEG (2013).

Na Figura 4.9 há a correlação entre as vazões específicas calculadas para o estudo com o foco nos assentamentos rurais nas bacias críticas, muito críticas e preocupantes. Observa-se no gráfico que a dispersão entre o calculado pela metodologia de regionalização

de vazões e a medição em campo se comportam de maneira semelhante, enquanto a vazão relacionada aos metadados do SNIRH, apesar da coincidência em alguns pontos, foi aquela de maior distanciamento entre elas. Os pontos máximos representados pela comunidade (2) de 7,81 L/s.km², 2,39 L/s.km² e 1,90 L/s.km², e pelas comunidades (9), (13) e (15), com valores próximos a zero, foram aqueles em que a dispersão dos metadados do SNIRH mais se aproximaram do medido e do regionalizado. A visualização total entre as respectivas vazões específicas está representada pela Figura 4.9.

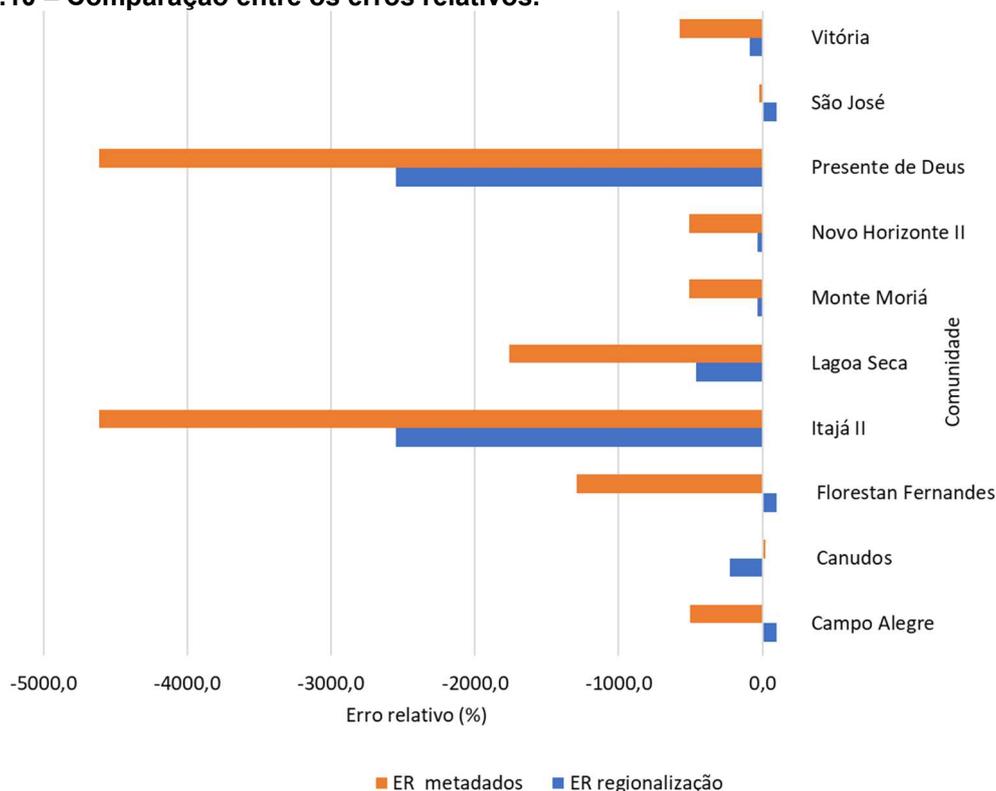
O erro relativo foi calculado para todos os dez assentamentos rurais com exceção de Engenho da Pontinha, Independência, Lageado, Lagoa Santa e Umuarama onde não houve dados de medição. Observa-se que o encontrado pela regionalização apresentou valores entre 100,00% a -2548,60%, nenhuma das dez comunidades analisadas obteve erro entre | 30 % | . Quanto aos metadados a variação esteve entre 20,41% a -4610,20%, a comunidade de Canudos e São José foram os únicos a apresentarem erro entre | 30 % | . Apesar da discrepância dos valores observados nas comunidades percebe-se que esse erro se comporta de forma semelhante nas comunidades de Florestan Fernandes a Vitória, os dados estão representados pelo Figura 4.10.

Figura 4.9 – Comparação entre as vazões específicas (q) (L/s.km²).



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 4.10 – Comparação entre os erros relativos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quanto às outorgas verificou-se que apenas quatro das 62 comunidades rurais analisadas possuem pontos de captação superficial de água na bacia hídrica, sendo elas Buritis, Canudos, Presente de Deus e São Sebastião da Garganta. Em Canudos totalizaram 34 pontos outorgados enquanto em São Sebastião da Garganta e Buritis apenas três pontos. As demandas de consumo permaneceram em média de 0,15 L/s o que representam 0,00015 m³/s, enquanto a menor esteve na comunidade Pouso Alegre apresentando 0,021 m³/s e a maior em Canudos, cerca de 0,0012 m³/s.

Para a estimativa das demandas totais, considerando o consumo e o desenvolvimento de atividades agropecuárias, observa-se que os maiores consumos estimados estão relacionados a Canudos e Presente de Deus com 3,06 m³/s e 0,47 m³/s. A expressividade das estimativas de demandas da comunidade Canudos é auxiliada principalmente pela bacia de contribuição da comunidade, com cerca de 4.000 km² de área, a maior entre as analisadas, aliadas ao número elevado de outorgas e ao quantitativo de animais localizados na bacia hidrográfica.

Na análise da disponibilidade hídrica de todos os assentamentos rurais utilizando como base a regionalização de vazões, observa-se que ao extrair as demandas das estimativas de 50% da Q₉₅, conforme regulamentação da resolução CERHi n° 22/2019 (GOIAS, 2019), pode-se notar pela Tabela 4.6 que há superação pelas demandas nos assentamentos rurais de 17 de abril, Campo Alegre, Cantoneiras, Cora Coralina, Florestan Fernandes, Fortaleza, Gustavo Martins,



Lageado, Lagoa Genipapo, Limoeiro, Nascente São Domingos, Rio Araguaia, Santa Maria do Crixás-Assú, Santo Antônio das Areias, São José, São José do Piçarrão, São Judas, Tarumã e Umuarama. Esses pertencem à bacia hidrográfica dos Afluentes Goianos do Médio Araguaia e Afluentes Goianos do Médio Araguaia. Os demais assentamentos rurais apresentaram balanço mínimo de 3,71 L/s em Engenho da Pontinha e máxima de 13.238,80 L/s em Canudos, portanto, a quantidade de água disponível supera as demandas, o que garante o abastecimento hídrico das famílias.

Por meio da visita a campo, conseguiu-se observar que parte dos assentamentos rurais identificados em situação de déficit hídrico, continham mananciais superficiais secos ou com água empoçada, sem fluxo de água. Trata-se das comunidades de Engenho da Pontinha, Independência, Lageado, Lagoa Santa e Umuarama, portanto, elas podem não conseguem suprir as necessidades de demanda em determinado período do ano hidrológico, em especial no momento mais crítico, caracterizado pelo final do período de estiagem.

De acordo com as estimativas realizadas neste trabalho foi possível verificar que 22 comunidades podem estar com problemas no abastecimento por águas superficiais, representando 35,48% e as 40 restantes, 64,52%, conseguiram suprir as demandas das comunidades, resultado auxiliado mediante realização em parte do trabalho pela amostragem em campo.

Tabela 4.6 – Resultados encontrados de disponibilidade hídrica e vazão específica.

Comunidades	Regionalização		Metadados SNIRH		Medição em Campo		Demandas (m³/s)	Disponibilidade hídrica Q ₉₅ *0,5 (m³/s)
	Q ₉₅ (m³/s)	q (L/s.km²)	Q ₉₅ (m³/s)	q (L/s.km²)	Q ₉₅ (m³/s)	q (L/s.km²)		
(1) 17 de Abril	0,0000	0,000123	6,080	2,94	--	--	0,012469	-0,01246
(2) Acaba Vida	0,765	1,613	3,000	2,37	--	--	0,021867	0,36048
(3) Água Limpa	0,014	0,682	158,250	3,81	--	--	0,000980	0,00591
(4) Água Quente	0,197	1,206	314,440	5,23	--	--	0,013835	0,08488
(5) Aranha	0,022	0,753	158,250	3,81	--	--	0,001398	0,00954
(6) Arraial das Antas II	0,032	1,534	5,010	1,02	--	--	0,003494	0,01274
(7) Boa Esperança	0,637	7,389	2,980	3,23	--	--	0,014472	0,30396
(8) Buritis	0,396	7,900	3,320	5,19	--	--	0,101141	0,09670
(9) Campo Alegre	0,0000	0,000	1,49	0,43	0,0096	0,052134	0,022397	-0,02238
(10) Cantoneiras	0,0001	0,000	304,433	3,29	--	--	0,031255	-0,03122
(11) Canudos	32,5977	7,8196	7,93	1,90	9,963	2,389951	3,060045	13,23880
(12) Céu Azul	0,153	1,142	314,44	5,23	--	--	0,011272	0,06512
(13) Conceição	0,089	1,017	158,25	3,81	--	--	0,004151	0,04028
(14) Cora Coralina	0,0000	0,000	6,08	2,94	--	--	0,006920	-0,00692
(15) Dom Roriz	0,503	1,474	314,44	5,23	--	--	0,028870	0,22246
(16) Engenho da Pontinha	0,0112	0,6514	158,25	3,81	sem água	--	0,001865	0,00371
(17) Engenho do Bom Sucesso	0,167	1,164	158,25	3,81	--	--	0,006626	0,07673
(18) Florestan Fernandes	0,0000	0,000	14,16	3,78	0,0348	0,271667	0,021023	-0,02101
(19) Formiguinha	0,017	0,578	78,29	8,54	--	--	0,002101	0,00622
(20) Fortaleza	0,555	1,342	8,33	2,13	--	--	0,329693	-0,05230
(21) Gustavo Martins	0,0000	0,000	24,18	1,09	--	--	0,007876	-0,00787
(22) Independência	0,0329	0,8213	158,25	3,81	sem água	--	0,004455	0,01198
(23) Itajá II	0,0781	0,9890	158,25	3,81	0,1091	1,400873	0,011185	0,02788
(24) João de Deus	0,134	9,198	8,74	3,85	--	--	0,001576	0,06552
(25) José Martí	0,014	0,682	158,25	3,81	--	--	0,001049	0,00584
(26) Julião Ribeiro	0,0176	0,7180	42,78	3,77	--	--	0,001162	0,00762
(27) Lageado	0,0000	0,000	0,9	0,38	sem água	--	0,003394	-0,00339
(28) Lagoa Genipapo	0,0000	0,000	304,433	3,29	--	--	0,016047	-0,01604
(29) Lagoa Santa	0,0126	0,6687	158,25	3,81	sem água	--	0,002087	0,00421
(30) Lagoa Seca	0,1518	1,1404	158,25	3,81	0,0278	0,205015	0,014322	0,06159
(31) Limoeiro	0,0000	0,000	6,08	2,94	--	--	0,002730	-0,00273

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 4.6 – Resultados encontrados de disponibilidade hídrica e vazão específica (continuação).

Comunidades	Regionalização		Metadados SNIRH		Medição em Campo		Demandas (m³/s)	Disponibilidade hídrica Q ₉₅ *0,5 (m³/s)
	Q ₉₅ (m³/s)	q (L/s.km²)	Q ₉₅ (m³/s)	q (L/s.km²)	Q ₉₅ (m³/s)	q (L/s.km²)		
(32) Madre Cristina	0,190	8,760	12,46	3,38	--	--	0,003588	0,09133
(33) Monte Moriá	0,0167	0,7104	158,25	3,81	0,0261	0,66477	0,002238	0,00612
(34) Mucambão	0,310	1,329	314,44	5,23	--	--	0,019651	0,13544
(35) Nascente São Domingos	0,057	0,776	1,68	1,46	--	--	0,058502	-0,03008
(36) Noite Negra	0,271	1,292	314,44	5,23	--	--	0,017910	0,11779
(37) Novo Horizonte II	0,0367	0,8410	158,25	3,81	0,0261	0,66477	0,004255	0,01409
(38) Piracanjuba	0,300	8,214	33,64	4,09	--	--	0,006087	0,14390
(39) Pouso Alegre	0,119	0,927	78,29	8,54	--	--	0,009190	0,05033
(40) Presente de Deus	2,8896	2,1451	158,25	3,81	158,25	3,814734	0,470298	0,97453
(41) Rio Araguaia	0,0000	0,000	24,18	1,09	--	--	0,018046	-0,01803
(42) Rio Vermelho	0,0902	1,0199	158,25	3,81	--	--	0,004204	0,04089
(43) Roberto Martins de Melo	0,027	0,786	314,44	5,23	--	--	0,003116	0,01027
(44) Rochedo	0,079	5,212	33,64	4,22	--	--	0,003275	0,03644
(45) Rosa Luxemburgo	0,048	1,552	5,01	1,02	--	--	0,005140	0,01888
(46) Salto para o Futuro	0,0656	0,9524	158,25	3,81	--	--	0,003255	0,02952
(47) Santa Fé da Laguna	0,0634	0,9455	158,25	3,81	--	--	0,004552	0,02713
(48) Santa Maria do Crixás-Assu	0,0000	0,000	14,16	3,78	--	--	0,010359	-0,01036
(49) Santa Rita do Broeiro	0,301	1,321	158,25	3,81	--	--	0,010419	0,14007
(50) Santo Antônio das Areias	0,0000	0,000	6,08	2,94	--	--	0,003029	-0,00303
(51) São José	0,0000	0,000	0,173	0,28	0,173	0,284077	0,009266	-0,00926
(52) São José do Piçarrão	0,0000	0,000	6,08	2,94	--	--	0,003283	-0,00328
(53) São Judas	0,0000	0,000	304,433	3,29	--	--	0,013172	-0,01317
(54) São Lourenço	0,015	0,695	158,25	3,81	--	--	0,002061	0,00550
(55) São Salvador	0,719	1,592	314,44	5,23	--	--	0,038270	0,32120
(56) São Sebastião da Garganta	0,865	7,078	8,74	3,85	--	--	0,115962	0,31634
(57) São Thiago	0,0935	1,0278	158,25	3,81	--	--	0,009840	0,03692
(58) Sebastião Rosa da Paz	0,161	1,155	158,25	3,81	--	--	0,012940	0,06766
(59) Serra das Araras	0,018	0,587	78,29	8,54	--	--	0,002202	0,00664
(60) Tarumã	0,0000	0,000	304,433	3,29	--	--	0,006555	-0,00655
(61) Umuarama	0,0002	0,001	1,49	0,43	sem água	--	0,042744	-0,04264
(62) Vitória	0,1070	1,0580	158,25	0,04	158,25	0,035918	0,014441	0,03906

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4. CONCLUSÃO

Quanto à análise do erro nos assentamentos rurais localizados em ottobacias excelentes e confortáveis observou-se que quando comparada aos métodos da regionalização e aos metadados do SNIRH mais de 50% destes apresentaram erros acima de 30%. Estes erros podem ser relacionados a bacias regionalizadas com vazões de referência menores que 0,1 (m³/s).

Com relação aos assentamentos rurais selecionados para medição em campo, localizados em ottobacias preocupantes, críticas e muito críticas, em comparação à metodologia de regionalização os erros relativos se mostraram muito superiores a 30%, sem resultados abaixo deste valor, o mesmo foi encontrado quanto a aplicação dos metadados do SNIRH, com o diferencial de apenas dois assentamentos rurais se encontrar dentro desse parâmetro.

Sendo assim, comparações com as demandas mostram 64,52% dos assentamentos rurais podem ser abastecidos tendo como principal demanda o consumo de água, assim verifica-se a necessidade de realização de medições em campo em alguns assentamentos rurais localizados na bacia hidrográfica dos Afluentes Goianos do Médio Araguaia, já que obtiveram piores desempenhos em relação aos demais, visto que não foram contemplados com medições in loco.

Ainda que a Agência Nacional de Águas forneça dados sobre o balanço hídrico de todo Brasil, não é aconselhável embasar os estudos nas informações disponíveis, mediante resultados apresentados por este trabalho. Observou-se que assentamentos rurais tidos como excelentes ou confortáveis apresentaram vazões de referências próximos a zero, com a aplicação da regionalização de vazão, conseqüentemente não foi possível identificar vazão específica por este método. É necessário o acompanhamento especial à estas comunidades já que não foram contempladas com medição de vazão devido a metodologia adotada.

5. REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **HIDROWEB - Sistema de Informações Hidrológicas**. Brasília, DF: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), 2015. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 19 fev. 2019.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Balanço Hídrico Quantitativo**. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília, DF: ANA, 2016. 1 mapa digital em forma de vetor. Escala 1:1.000.000. Intervalo de tempo: de 12 jan. 2009 a 31 dez. 2015. Datum: SIRGAS 2000 (EPSG:4674). Versão 7.4 Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuid=35f247ac-b5c4-419e-9bdb-dcb20defb1f4>. Acesso em: 23 fev. 2019.

BAZZO, Kássia Regina; GUEDES, Hugo Alexandre Soares; CASTRO, Andréa Souza; SIQUEIRA, Tirezah Moreira; TEIXEIRA-GANDRA, Claudia Fernanda Almeida.



Regionalização da vazão Q95: comparação de métodos para a bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 12, n. 5, p. 855, 2017. DOI: 10.4136/ambi-agua.2032. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2017000500855&lng=pt&nrm=iso&tng=pt. Acesso em: 19 fev. 2020.

DUVAL, Henrique Carmona; GÊMERO, César Giordano; FERRANTE, Vera Lúcia Silveira Botta; QUEDA, Oriowaldo; LANDMANN, Oscar Frederico Accyoli. Sistemas Produtivos em Perspectiva Comparada nos Assentamentos das Regiões Central e Leste. **Retratos de Assentamentos**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 89–134, 2012. DOI: 10.25059/2527-2594/retratosdeassentamentos/2012.v15i1.110. Disponível em: <http://retratosdeassentamentos.com/index.php/retratos/article/view/110>. Acesso em: 18 fev. 2020.

ELETROBRAS. **Centrais elétricas Brasileiras S.A. Manual de minicentrais hidrelétricas**. Rio de Janeiro, RJ: Eletrobras, 1985. a.

ELETROBRAS. **Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro, RJ: Eletrobras, 1985. b.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Clima**, 2018.

FIGUEIREDO, Ana Paula; LUIZ, ; COUTINHO DE OLIVEIRA, Fernando; PUGLISI, Alexandre; FRANCO, Barbosa. Avaliação do desempenho de equações de regionalização de vazões na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 3, n. 2, p. 62–76, 2008. DOI: 10.4136/ambi-agua.53. Disponível em: www.agro.unitau.br/ambi-agua. Acesso em: 19 fev. 2020.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA). **Plano estadual de recursos hídricos do estado de Goiás (PERH/GO)**: produto 5. Revisão Final - Setembro 2015. Goiânia, GO: SECIMA, 2015a. Disponível em: http://www.meioambiente.go.gov.br/images/imagens_migradas/upload/arquivos/2016-01/p05_plano_estadual_de_recursos_hidricos_revfinal2016.pdf. Acesso em: 4 nov. 2018.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA). **Instrução normativa nº 004/2015-GAB**. Define as vazões específicas de referência Q95% para o estado de Goiás com base em Planos de Recursos Hídricos de bacias específicas e dados hidrológicos coletados de séries históricas para uso no cálculo de disponibilidade hídrica [...], Goiânia, GO, 2015b. Disponível em: <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2016-06/instrucao-normativa-04-2015.pdf>. Acesso em: 14 maio. 2019.

GUIMARÃES, Siléia Oliveira; PAULA, Alessandro De. Análise da percepção ambiental de produtores rurais do assentamento Amaralina, Vitória da Conquista-BA. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1662–1680, 2013. Disponível em: http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/analise_da_percepcao.pdf. Acesso em: 19 fev. 2020.

INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (Brasil). Os assentamentos em Goiás. **Blog do Incra Goiás**, 2017. Disponível em: <https://incragoias.wordpress.com/distribuicao-dos-assentamentos-no-estado-de-goias/>. Acesso em: 12 jul. 2019.



LIMA, JEFW; SILVA, E. M. Da; SILVA, F. A. M.; SANO, E. E. Variabilidade espaço-temporal da vazão específica média no Estado de Goiás. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SAVANAS TROPICAIS, 2, 2008, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 1–6.

MACIEL, Amanda Lopes; VIEIRA, Eliane Maria; MOR, Roberto César Monte; VASQUES, Ana Carolina. Regionalização e espacialização de vazões de permanência: estudo aplicado na bacia rio Piracicaba-MG. **Revista Brasileira de Climatologia (online)**, Curitiba, v. 24, n. 0, p. 114–133, 2019. DOI: 10.5380/abclima.v24i0.58420.

MASTELLA, Alexandre Dal Forno; JÚNIOR, Severo Ivasko; TRES, Andressa; TETTO, Alexandre França; WENDLING, William Thomaz; SOARES, Ronaldo Viana. Classificação do Estado de Goiás e do Distrito Federal segundo o Sistema de Zonas de Vida de Holdridge. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 12, n. 2, p. 443–456, 2019. DOI: 10.26848/rbgf.v12.2.p443-456. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/239016>. Acesso em: 19 fev. 2020.

MELATI, Mauricio Dambros; MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha. Regressões simples e robusta na regionalização da vazão Q95 na Bacia Hidrográfica do Taquari-Antas. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 722–739, 2016. DOI: 10.5902/2179-460X19116. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/16858>. Acesso em: 19 fev. 2020.

NOVAES, Luciano Farias De; PRUSKI, Fernando Falco; QUEIROZ, Douglas Oliveira De; RODRIGUEZ, Renata del Giudice; SILVA, Demetrius David Da; RAMOS, Márcio Mota. Avaliação do Desempenho de Cinco Metodologias de Regionalização de Vazões. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 51–61, 2007. DOI: 10.21168/rbrh.v12n2.p51-61. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=20&SUMARIO=286>. Acesso em: 19 fev. 2020.

SANRURAL. **Diagnóstico Técnico Participativo**: Projeto Saneamento e saúde ambiental em comunidades rurais e tradicionais de Goiás. Goiânia, BrasilGráfica UFG, 2020.

SANTOS, Élide Monique da Costa; ARAUJO, Kallianna Dantas; SOUZA, Mayara Andrade; GOMES, Danúbia Lins; SILVA, Ana Paula Lopes Da; LIRA, Elba dos Santos; SILVA, Leila Caroline Salustiano; COSTA, João Gomes Da. Alternativas de armazenamento e abastecimento de água em assentamentos rurais do semiárido alagoano. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 19, n. 68, 2018. DOI: 10.14393/RCG196809. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/40374>. Acesso em: 19 fev. 2020.

SILVEIRA, Geraldo; TUCCI, CARLOS; SILVEIRA, ANDRÉ. Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 111–131, 1998. DOI: 10.21168/rbrh.v3n3.p111-131. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=52&SUMARIO=4332>. Acesso em: 19 fev. 2020.

SONTEK. **Manual do Usuário do ADV de Mão do Flowtracker**. San Diego, CA: SonTek: A YSI Environmental Company, 2007. Disponível em: <http://www.sontek.com>.

SONTEK. **RiverSurveyor S5/M9 System Manual Firmware Version 1.0**. San Diego, CA: SonTek: A YSI Environmental Company, 2010. Disponível em: <https://www.sontek.com/riversurveyor-s5-m9>.



SOUSA, Heber Tormentino. Sistema computacional para regionalização de vazões—
SisCoRV 1.0. 2009. 86p. Dissertação de Mestrado – **Programa de Pós Graduação em
Engenharia Agrícola**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

TUCCI, Carlos E. M. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre: Editora da
Universidade/UFRGS, 2002.