

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CAMPUS DO SERTÃO

ENGENHARIA CIVIL

Erica Gomes Flôr Souza

**PROGNÓSTICO DA DEMANDA HÍDRICA DO AÇUDE BARRA DO JUÁ E
RIACHO DO NAVIO, EM FLORESTA-PE, FRENTE À TRANSPOSIÇÃO DO
RIO SÃO FRANCISCO**

Delmiro Gouveia

2019

ERICA GOMES FLÔR SOUZA

**PROGNÓSTICO DA DEMANDA HÍDRICA DO AÇUDE BARRA DO JUÁ E RIACHO
DO NAVIO, EM FLORESTA-PE, FRENTE À TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO
FRANCISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao eixo das tecnologias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto

Delmiro Gouveia

2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza – CRB-4/2209

S729p Souza, Erica Gomes Flôr

Prognóstico da demanda hídrica do Açude Barra do Juá e Riacho do Navio, em Floresta – PE, frente à transposição do Rio São Francisco / Erica Gomes Flôr Souza. – 2019.

66 f. : il.

Orientação: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.

Coorientação: Antonio Pedro de Oliveira Netto.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2018.

1. Abastecimento de água. 2. Demanda hídrica. 3. Açude Barra do Juá. 4. Riacho do Navio. 5. Bacia do Rio Pajeú. 6. Rio São Francisco. 7. Transposição. 8. Floresta – Pernambuco. I. Título.

CDU: 628.1(813.4)

Folha de Aprovação

AUTORA: Erica Gomes Flôr Souza

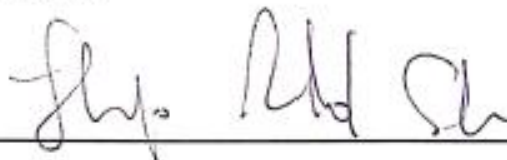
PROGNÓSTICO DA DEMANDA HÍDRICA DO AÇUDE BARRA DO JUÁ E
RIACHÔ DO NAVIO, EM FLORESTA-PÊ, FRENTE À TRANSPOSIÇÃO DO
RIO SÃO FRANCISCO

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao corpo docente do eixo
das tecnologias da Universidade
Federal de Alagoas e aprovada em
09 de abril de 2019.

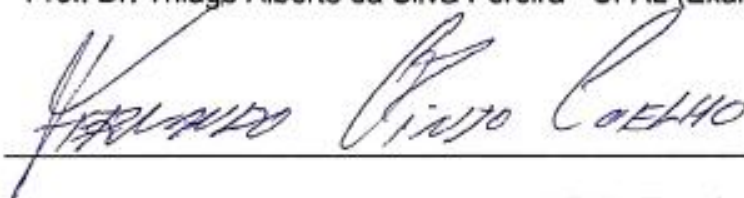


Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira (Orientador)

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira - UFAL (Examinador Interno)



Prof. Dr. Fernando Pinto Coelho - UFAL (Examinador Interno)



Prof. Dr. José Madson da Silva - IFAL (Examinador Externo)

Dedico este trabalho aos meus avós maternos, Joaquim Elói e Maria Ana, e paternos, Manoel Henrique e Alice Maria (in memoriam), que através do trabalho no campo criaram seus filhos com caráter, dignidade e prezando pela educação, sendo este o melhor caminho a se percorrer.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Adailza e Edmir, que apesar de todas as dificuldades sempre me apoiaram e fortaleceram, fazendo com que eu chegasse até aqui.

Aos meus irmãos, pela fraternidade, em especial a Ênio, por cuidar de mim em diversos momentos e por todo incentivo para trilhar o caminho da educação.

Ao meu noivo, Luís Paulo, meu melhor amigo e companheiro de vida. Obrigada por todas as palavras nas horas difíceis e de desânimo na graduação.

Aos demais familiares, pelo afeto e momentos de alegria, em particular a tia Alicinha e tio Tuta que me receberam de braços abertos em suas residências durante minha jornada escolar.

Aos meus amigos que me preenchem de alegria e pela compreensão da minha ausência nos momentos dedicados à universidade.

Ao meu orientador Thiago pela dedicação, apoio e confiança em mim depositada durante a elaboração deste trabalho.

Ao meu coorientador Netto pela paciência e por prontamente me ajudar sempre o procurei, sendo fundamental para conclusão desta pesquisa.

À todos os colegas e professores que passaram nessa jornada acadêmica.

Meus sinceros agradecimentos.

Riacho do Navio corre pro Pajeú
O rio Pajeú vai despejar no São Francisco
O rio São Francisco vai bater no mei do mar

Ah! Se eu fosse um peixe ao contrário do rio
Nadava contra as águas e nesse desafio
Saia lá do mar pro Riacho do Navio
Eu ia diretinho pro Riacho do Navio.

RIACHO DO NAVIO, de Luiz Gonzaga.

RESUMO

O açude Barra do Juá é um reservatório localizado no município de Floresta, em Pernambuco, e barra o percurso do Riacho do Navio, ambos estão inseridos na bacia do rio Pajeú. O açude e o riacho estão inseridos de maneira indireta no Projeto de Transposição do rio São Francisco, sendo futuramente abastecidos pelo reservatório de Muquém, integrante do canal do Eixo Leste. Os dois mananciais deste estudo tem importância para o desenvolvimento do território em sua montante e jusante, sendo vital para a população e atividades econômicas. Tendo em vista a relevância do reservatório, este trabalho tem como objetivo realizar estimativas de demanda hídrica para consumo humano, dessedentação animal e agricultura a fim de assessorar os usuários na busca de garantia de abastecimento das águas transpostas do rio São Francisco e melhor gerir os recursos disponíveis. Foram coletados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Prefeitura Municipal de Floresta (PMF) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para realização das projeções de crescimento (aritmético, geométrico, taxa decrescente de crescimento e curva logística) da população rural e dos rebanhos, assim como estimativas de evapotranspiração para as culturas mais cultivadas na região para calcular o volume de água necessária em 2019 (atualmente), 2029 (horizonte de curto prazo), 2039 (horizonte de médio prazo) e 2049 (horizonte de longo prazo). Os resultados obtidos mostraram que o setor que mais consome água é o da agricultura, com média de 95,21%, seguido de 3,00% para consumo animal e 1,79% para abastecimento humano. Conclui-se que a regulamentação necessária para garantia de abastecimento hídrico trará benefícios para a região, oportunizando o regresso da população à zona rural, a consolidação da agropecuária na região e a constante irrigação por todo percurso d'água.

Palavras-chave: Barra do Juá. Riacho do Navio. Demanda Hídrica. Projeções Populacionais. Evapotranspiração. Semiárido Brasileiro.

ABSTRACT

The Barra do Juá dam is a reservoir located in the municipality of Floresta, in Pernambuco, and runs the course of the Riacho do Navio, both of which are located in the Pajeú river basin. The dam and stream are inserted indirectly in the Transposition Project of the São Francisco river, and are eventually supplied by the Muquém reservoir, part of the Eixo Leste canal. The two sources of this study have importance for the development of the territory in its amount and downstream, being vital for the population and economic activities. Considering the relevance of the reservoir, this work aims at estimating water demand for human consumption, animal watering and agriculture in order to advise users in the search for a guarantee of supply of the transposed waters of the São Francisco River and to better manage the resources available. Data were collected from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), the Municipality of Floresta (PMF) and the National Institute of Meteorology (INMET) for the projection of growth (arithmetic, geometric, decreasing growth rate and logistic curve) and estimates of evapotranspiration for the most cultivated crops in the region to calculate the required water volume in 2019 (currently), 2029 (short term horizon), 2039 (medium term horizon) and 2049 (long horizon term). The results showed that the sector that consumes the most water is agriculture, with an average of 95.21%, followed by 3.00% for animal consumption and 1.79% for human consumption. It is concluded that the necessary regulation to guarantee water supply will bring benefits to the region, facilitating the return of the population to the rural area, the consolidation of agriculture in the region and constant irrigation throughout the water.

Key Words: Barra do Juá. Riacho do Navio. Water Demand. Population Projections. Evapotranspiration. Brazilian Semi-Arid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1. Divisão Político Administrativa do Semiárido Brasileiro (2017). | 17 |
| Figura 2. Rota de distribuição de água por meio da Transposição do Rio São Francisco..... | 18 |
| Figura 3. Eixo Leste do Projeto de Transposição das Águas do Rio São Francisco. 20 | |
| Figura 4. Açude Barra do Juá e sua jusante (Riacho do Navio)..... | 21 |
| Figura 5. Esquema de Localização do município de Floresta , Pernambuco. | 23 |
| Figura 6. Precipitações médias mensais em Floresta-PE, no período entre 2009 e 2017. | 24 |
| Figura 7. Precipitação anual em Floresta-PE, no período entre 2009 e 2017. | 24 |
| Figura 8. Percentual de demanda hídrica atual (2019) para dessedentação animal, por rebanho. | 41 |
| Figura 9. Percentual de demanda hídrica no horizonte de curto prazo (2029) para dessedentação animal, por rebanho. | 41 |
| Figura 10. Percentual de demanda hídrica no horizonte de médio prazo (2039) para dessedentação animal, por rebanho. | 42 |
| Figura 11. Percentual de demanda hídrica no horizonte de longo prazo (2049) para dessedentação animal, por rebanho. | 42 |
| Figura 12. Percentual de demanda hídrica para agricultura, por cultura – cenário atual (2019)..... | 49 |
| Figura 13. Distribuição das demandas hídricas para o cenário atual (2019). | 50 |
| Figura 14. Distribuição das demandas hídricas para o horizonte de curto prazo (2019). | 50 |
| Figura 15. Distribuição das demandas hídricas para o horizonte de médio prazo (2039). | 51 |
| Figura 16. Distribuição das demandas hídricas para o horizonte de longo prazo (2049). | 51 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. População rural do município de Floresta – Pernambuco. | 27 |
| Tabela 2. Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) de Floresta – PE..... | 29 |
| Tabela 3. Cadastro de animais à montante e à jusante da barragem Barra do Juá.. | 29 |
| Tabela 4. Consumo diário de água, por espécie, dos animais. | 29 |
| Tabela 5. Valores de coeficientes de culturas das fases fenológicas do milho, feijão-caupi, melão, melancia, tomate, cebola, banana e coco. | 32 |
| Tabela 6. Produção Agrícola Municipal (PAM) de Floresta – PE. | 33 |
| Tabela 7. Projeções da população rural do município de Floresta-PE para anos 2018, 2019, 2029, 2039 e 2049..... | 35 |
| Tabela 8. Demanda hídrica tendencial para abastecimento humano..... | 36 |
| Tabela 9. Projeções do rebanho bovino do município de Floresta-PE..... | 36 |
| Tabela 10. Projeções do rebanho suíno do município de Floresta-PE..... | 36 |
| Tabela 11. Projeções do rebanho ovino do município de Floresta-PE..... | 37 |
| Tabela 12. Projeções do rebanho caprino do município de Floresta-PE..... | 37 |
| Tabela 13. Projeções do rebanho equino do município de Floresta-PE..... | 37 |
| Tabela 14. Projeções do rebanho muar do município de Floresta-PE. | 37 |
| Tabela 15. Projeções do rebanho galináceo do município de Floresta-PE..... | 38 |
| Tabela 16. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho bovino. ... | 38 |
| Tabela 17. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho suíno..... | 39 |
| Tabela 18. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho ovino. | 39 |
| Tabela 19. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho caprino... | 39 |
| Tabela 20. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho equino.... | 39 |
| Tabela 21. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho muar. | 39 |
| Tabela 22. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho galináceo. | 40 |
| Tabela 23. Demanda hídrica tendencial para consumo animal, por rebanho. | 40 |
| Tabela 24. Demanda hídrica média anual da banana..... | 43 |
| Tabela 25. Demanda hídrica média anual do coco. | 44 |
| Tabela 26. Demanda hídrica média anual do milho. | 44 |
| Tabela 27. Demanda hídrica média anual do feijão-caupi. | 45 |
| Tabela 28. Demanda hídrica média anual da melancia. | 45 |

| | |
|---|----|
| Tabela 29. Demanda hídrica média anual da cebola. | 46 |
| Tabela 30. Demanda hídrica média anual do melão. | 46 |
| Tabela 31. Demanda hídrica média anual do tomate. | 47 |
| Tabela 32. Estimativa das áreas cultivadas com irrigação para o ano de 2019. | 47 |
| Tabela 33. Áreas irrigadas e demanda bruta anual de água – cenário atual (2019). | 48 |
| Tabela 34. Demanda hídrica tendencial para agricultura. | 48 |
| Tabela 35. Demanda hídrica tendencial total. | 49 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | OBJETIVOS | 14 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL..... | 14 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 14 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 3.1 | INSTITUCIONALIDADE DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS..... | 15 |
| 3.2 | CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO | 16 |
| 3.3 | TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO | 18 |
| 3.4 | AÇUDE BARRA DO JUÁ E RIACHO DO NAVIO | 19 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 23 |
| 4.1 | DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 23 |
| 4.2 | HORIZONTES DE PLANEJAMENTO E DEMANDA HÍDRICA TOTAL..... | 25 |
| 4.3 | MÉTODOS DE PROJEÇÕES POPULACIONAIS..... | 25 |
| 4.4 | DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL PARA ABASTECIMENTO HUMANO.. | 27 |
| 4.5 | DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL PARA DESSEDENTAÇÃO ANIMAL ... | 28 |
| 4.6 | DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL PARA IRRIGAÇÃO | 30 |
| 4.6.1 | <i>Obtenção e organização dos dados meteorológicos.....</i> | <i>30</i> |
| 4.6.2 | <i>Determinação da evapotranspiração de referência.....</i> | <i>30</i> |
| 4.6.3 | <i>Estimativa da evapotranspiração de culturas agrícolas</i> | <i>31</i> |
| 4.6.4 | <i>Estimativa da demanda suplementar de irrigação</i> | <i>32</i> |
| 4.6.5 | <i>Estimativa da área irrigável</i> | <i>33</i> |
| 5 | RESULTADOS | 35 |
| 5.1 | DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL PARA ABASTECIMENTO HUMANO.. | 35 |
| 5.2 | DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL PARA DESSEDENTAÇÃO ANIMAL ... | 36 |
| 5.3 | DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL PARA IRRIGAÇÃO | 43 |
| 5.4 | DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL TOTAL | 49 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 53 |
| | REFERÊNCIAS..... | 55 |
| | APÊNDICE – GRÁFICOS RELATIVOS ÀS PROJEÇÕES POPULACIONAIS..... | 59 |

1 INTRODUÇÃO

A água é o elemento essencial para a sobrevivência dos seres humanos e dos animais e para a produtividade agrícola. Para Tucci et al. (2000), a água é fator essencial de desenvolvimento rural em regiões de grande variabilidade sazonal desse recurso e em regiões secas como o Nordeste, onde a viabilidade do desenvolvimento econômico depende, muitas vezes, da disponibilidade de água. Sendo assim, essa região tem condição de conquistar o desenvolvimento através da apropriada aplicação dos recursos hídricos, mal distribuídos no espaço e no tempo.

Yassuda (1993) afirmou que o semiárido nordestino apresenta balanço hídrico negativo, ocasionando seca durante quase todo ano. Uma das maneiras de lidar com esse déficit é gerir a demanda dos recursos hídricos, baseando-se em intervenções públicas que racionalizem a eficiente utilização econômica, social e ambiental desses recursos. Sendo assim, em 1909 foi criado o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, ajudando a agricultura irrigada por meio de perímetros públicos de irrigação (MELO, 2010).

Ainda com o objetivo de combater o déficit hídrico, proporcionando o atendimento das demandas, a água por vezes é levada de locais com mais ofertas para outros mais carentes, isto é, gerando a integração de bacias, esse processo define-se como transposição de águas.

Garantir o abastecimento contínuo de água para regiões mais secas é o objetivo básico da transposição das águas do rio São Francisco. As águas transpostas, segundo o Ministério da Integração Nacional (2000), serão destinadas a reservatórios estratégicos em quatro estados nordestinos, garantindo o abastecimento humano, animal e para irrigação.

O canal do Eixo Leste da transposição do rio São Francisco transporta água para o reservatório de Muquém, que, por sua vez, deriva água para o reservatório Barra do Juá. O açude interrompe o curso do Riacho do Navio, ambos localizados no município de Floresta, na bacia do rio Pajeú, em Pernambuco. A carência de água na região e a importância do reservatório para irrigação trazem para esse sistema uma grande expectativa de desenvolvimento social e econômico.

Almeja-se, nesse estudo, contribuir no que diz respeito ao uso racional dos recursos hídricos à montante e à jusante (Riacho do Navio) da barragem Barra do Juá. Espera-se, primeiramente, fazer caracterização do trecho citado a partir da

coleta de dados de população, rebanho, área irrigável e de meteorologia. Em seguida pretende-se realizar projeções para quantificar a demanda atual e em cenários futuros de água.

Os resultados obtidos no presente trabalho acrescentarão informações sobre o reservatório Barra do Juá, em Floresta-PE, no campo do desenvolvimento de estratégias que assegurem o fornecimento de água a todas as atividades econômicas e de subsistência que captam água bruta dele.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Fazer prognóstico da demanda hídrica à montante e à jusante da barragem Barra do Juá, visando auxiliar aos usuários na garantia de fornecimento de água da transposição do rio São Francisco.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar métodos de projeções para população humana e animal;
- Estimar a evapotranspiração de culturas agrícolas desenvolvidas na região;
- Quantificar a demanda total de água para cenários atuais e futuros.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INSTITUCIONALIDADE DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

É fundamental a gestão apropriada dos instrumentos e meios acessíveis para a preservação ambiental, sendo visível a necessidade de melhorar a utilização da água, assim sendo, a gestão de recursos hídricos é um assunto de grande relevância em nível global. O planejamento, a execução, a operação e a manutenção de serviços e obras para gerência e melhor aproveitamento das águas presume a previsão e a análise de inúmeras variantes (YASSUDA, 1993).

A Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, criou a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que são itens imprescindíveis para o gerenciamento desses recursos no Brasil. Dentre os objetivos desse texto legal, estão:

- Coordenar a gestão integrada das águas;
- Arbitrar administrativamente os conflitos ligados ao uso da água;
- Planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;
- Promover a cobrança pelo uso da água.

Constituem o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos:

- o Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- a Agência Nacional de Águas;
- os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;
- os Comitês de Bacia Hidrográfica;
- os órgãos de governo cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos;
- as Agências de Água.

Em Pernambuco, a legislação referente ao gerenciamento de recursos hídricos é composta pela Lei n. 11.426, de 17 de janeiro de 1997 – “*Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências*”. Por sua vez, o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco – SIGRH/PE é composto pelos seguintes órgãos:

- Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CRH;

- Comitê Estadual de Recursos Hídricos – CERH;
- Comitês de Bacias Hidrográficas – CBH;
- Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA;
- Órgãos executores do Estado que atuam na área de recursos hídricos.

Os Sistemas de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tanto nacional como estadual, possuem um modelo de integração participativa, isto é, garante a participação pública, onde usuários e a sociedade integram o Conselho de Recursos Hídricos e os Comitês de Bacia Hidrográfica, ampliando os participantes de decisões e descentralizando papéis (TUNDISI, 2006).

Yassuda (1993) afirma que uma das ferramentas mais eficazes para gestão em regiões onde prevalece a escassez de água é a obtenção de dados sobre disponibilidade e demanda para que se possa manter o equilíbrio hídrico. Através da constante atualização do cadastro de usuários é possível gerenciar a demanda, fazendo com que aumente a produtividade e eficiência na utilização dos recursos hídricos.

A demanda hídrica consiste na necessidade de uso das águas, quanto a sua forma de utilização, os diversos usos podem ser classificados em: consuntivo - onde a água é captada e somente parte dela retorna ao curso natural do rio - ou não consuntivo - a água captada volta ao curso que a originou (SETTI, 2001).

3.2 CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

O semiárido brasileiro (Figura 1) tem como principais características hidrológicas: a precipitação média anual é menor que 800 milímetros; a evapotranspiração potencial é maior que 2.000 milímetros; os rios são intermitentes, em maior quantidade; e os eventos hidrológicos têm características extremas, ora escassas ora em abundância de chuvas (CASTRO, 2011).

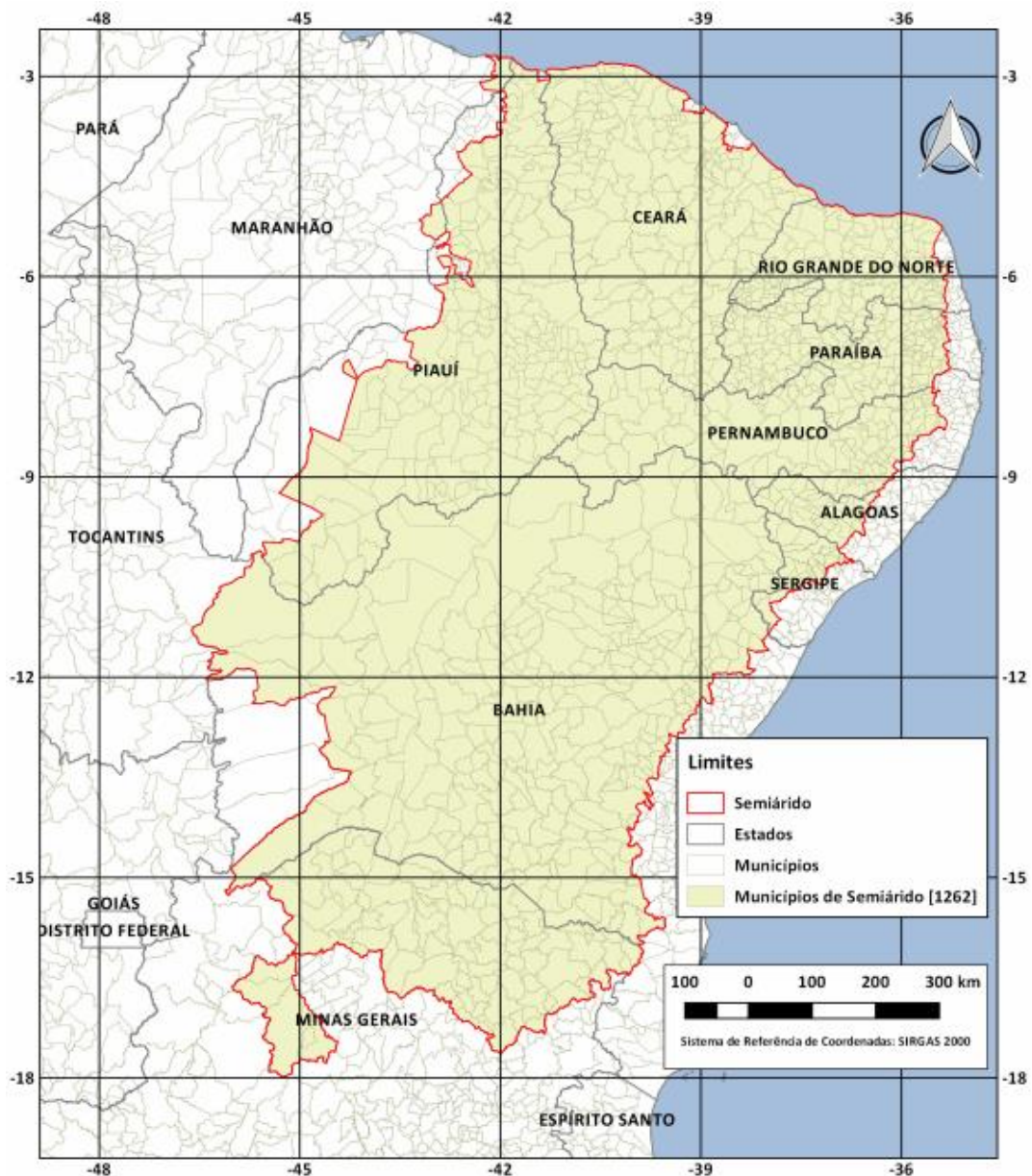
De acordo com o Instituto Nacional do Semiárido – INSA (2019) o semiárido brasileiro é constituído por 1.262 municípios, uma população total de 27.870.241 habitantes e abrange sete estados: Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco e Piauí.

Esse cenário de baixa disponibilidade de recursos hídricos impacta diretamente na qualidade de vida das pessoas e nas atividades econômicas, sendo a agricultura umas das mais prejudicadas. A vulnerabilidade da agricultura praticada

no semiárido em função da escassez de água motivou políticas governamentais de irrigação (NETTO, 2001).

Dentre os órgãos do Governo Federal, tem-se a mais antiga instituição de atuação no Nordeste, o DNOCS, criado em 1909 sob o nome Inspetoria de Obras Contra as Secas – IOCS. Atualmente, dentre os objetivos do DNOCS estão beneficiar áreas e obras de proteção contra secas e inundações, irrigação e radicação de população em comunidades de irrigantes ou em áreas especiais, abrangidas por seus projetos (DNOCS, 2019).

Figura 1. Divisão Político Administrativa do Semiárido Brasileiro (2017).



Fonte: INSA/SIGSAB (2019).

3.3 TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO

Com o objetivo de diminuir as consequências da escassez hídrica no Nordeste, o governo federal vem executando o Projeto de Transposição do Rio São Francisco, obra que visa integrar a Bacia do Rio São Francisco com as bacias do Nordeste Setentrional.

De acordo com o Plano de Transposição – Relatório Geral, a proposta da obra é fazer transporte de água por meio de dois sistemas básicos (canais, aquedutos, túneis, reservatórios e estações elevatórias): Eixo Norte e Eixo Leste (Figura 2). O Eixo Norte abastecerá os sertões dos estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, enquanto o Eixo Leste levará água para o sertão e agreste Pernambucano e Paraibano (MIN, 2000).

Figura 2. Rota de distribuição de água por meio da Transposição do Rio São Francisco.



Fonte: Ministério da Integração Nacional (2019).

O Eixo Norte capta água nas proximidades do município de Cabrobó, em Pernambuco, na margem esquerda do rio São Francisco. Suas bacias receptoras serão: Jaguaribe (CE); Piranhas - Açú (PB e RN); Apodi (RN); Terra Nova (PE) e Brígida (PE). Será derivada água para os grandes açudes: Chapéu (PE); Entremontes (PE); Engenheiro Ávidos (PB); Pau dos Ferros (RN); Santa Cruz (RN); Armando Ribeiro Gonçalves (RN) e Castanhão (CE).

De acordo com o Plano de Transposição – Relatório Geral, o Eixo Leste tem início no reservatório de Itaparica, no município de Floresta-PE e segue curso em direção ao município de Monteiro-PB. As bacias beneficiadas por esse sistema irão ser: Paraíba (PB) e Moxotó (PE).

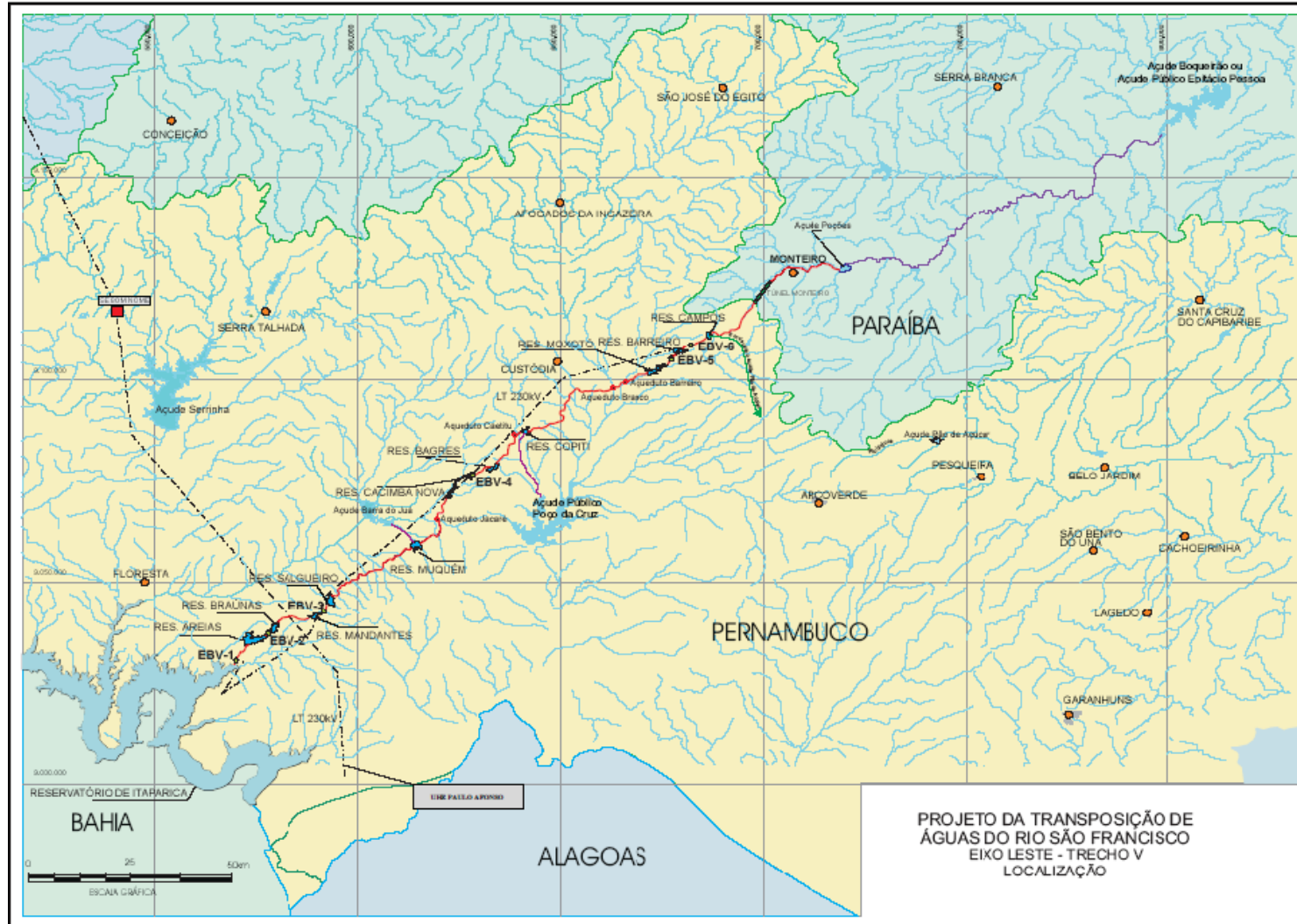
Nesse percurso, o sistema básico do Eixo Leste passa pelos reservatórios de Areias, Braúnas, Mandantes, Salgueiro, Muquém, Cacimba Nova, Bagre, Copiti, Moxotó, Barreiro, Campos, Barro Branco e, por fim, Poções (Figura 3). Esses reservatórios são denominados de compensação, onde sua função é acumular e transportar água para outros reservatórios que não estão no eixo principal da transposição (MELO, 2010). A partir desses açudes, as águas seguem o seu curso através de canais naturais da região, promovendo a perenização de rios e riachos.

3.4AÇUDE BARRA DO JUÁ E RIACHO DO NAVIO

O açude Barra do Juá, localizado na zona rural do município de Floresta, em Pernambuco, foi construído em 1982 pelo Departamento de Obras Contra as Secas (DNOCS) tendo como finalidade inicial a irrigação de terras à montante e à jusante. O reservatório está inserido na bacia do rio Pajeú, sendo a maior bacia do estado de Pernambuco, possuindo uma área de 16.685,63 km², correspondendo a 16,97% da área do Estado. Sua capacidade de armazenamento é de 71.474.000 m³, sua área de drenagem é de 1.870 km² e possui evapotranspiração média de 450 L s⁻¹ (APAC, 2019).

A barragem não está prevista no projeto do eixo principal da Transposição do Rio São Francisco, mas é derivado desta por meio do reservatório de Muquém que, após concluídas as obras, será abastecida através de duas comportas com capacidade de liberação de 5 m³ s⁻¹ cada, totalizando 10 m³ s⁻¹. As águas do reservatório de Muquém seguirão para Barra do Juá pelo Riacho da Vassoura por um percurso de 18 km (CONSU/BARRA DO JUÁ, 2019).

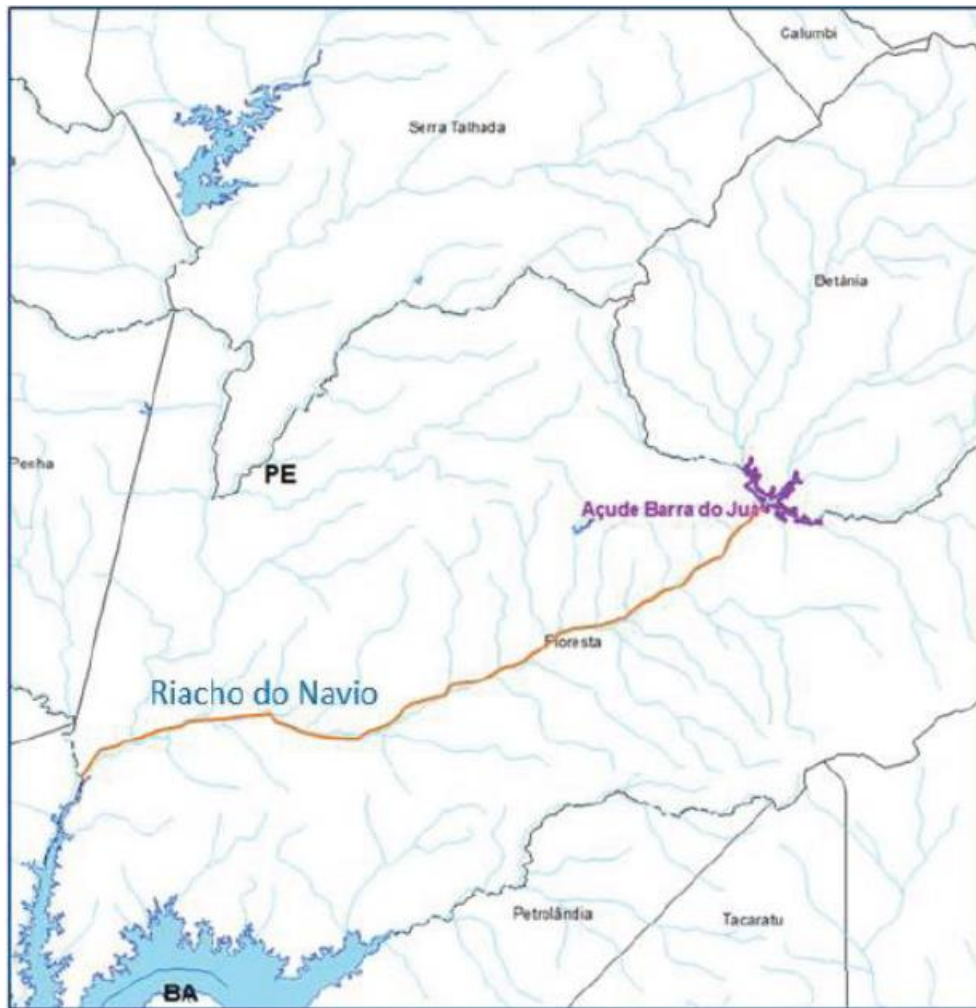
Figura 3. Eixo Leste do Projeto de Transposição das Águas do Rio São Francisco.



Fonte: Ministério da Integração Nacional (2000).

O aqueduto barrado pelo reservatório Barra do Juá é o Riacho do Navio (Figura 4). Segundo Ferraz (2004), o Riacho do Navio é o afluente mais importante do rio Pajeú e está localizado em sua margem esquerda, sua nascente está no município de Betânia-PE e possui, da jusante da barragem até a desembocadura, 70,45 km de extensão.

Figura 4. Açude Barra do Juá e sua jusante (Riacho do Navio).



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

Quanto à gestão, no ano de 2000, foi homologado o Conselho de Usuários do Açude Barra do Juá, com o objetivo principal de gerir a água do reservatório, à montante e à jusante (Riacho do Navio), acompanhando o gerenciamento hídrico, no âmbito de seus usos múltiplos e sua preservação. Também é função do conselho promover e divulgar debates assim como julgar e conciliar, em casos de conflito de interesses entre os usuários (CONSU/BARRA DO JUÁ, 2019).

Na data de publicação deste trabalho, o conselho está sob a coordenação de Edmir Manoel de Souza, presidente da Cooperativa dos Criadores de Caprinos e Ovinos e da Agricultura Familiar (COOPERCAPRI) e é constituído pela sociedade civil, poder público, entidades e usuários. De acordo com o coordenador do CONSU/BARRA DO JUÁ (2019), o açude ainda não possui regulamentação de liberação das águas transpostas do rio São Francisco, isto é, termo de alocação de águas concedido pela ANA.

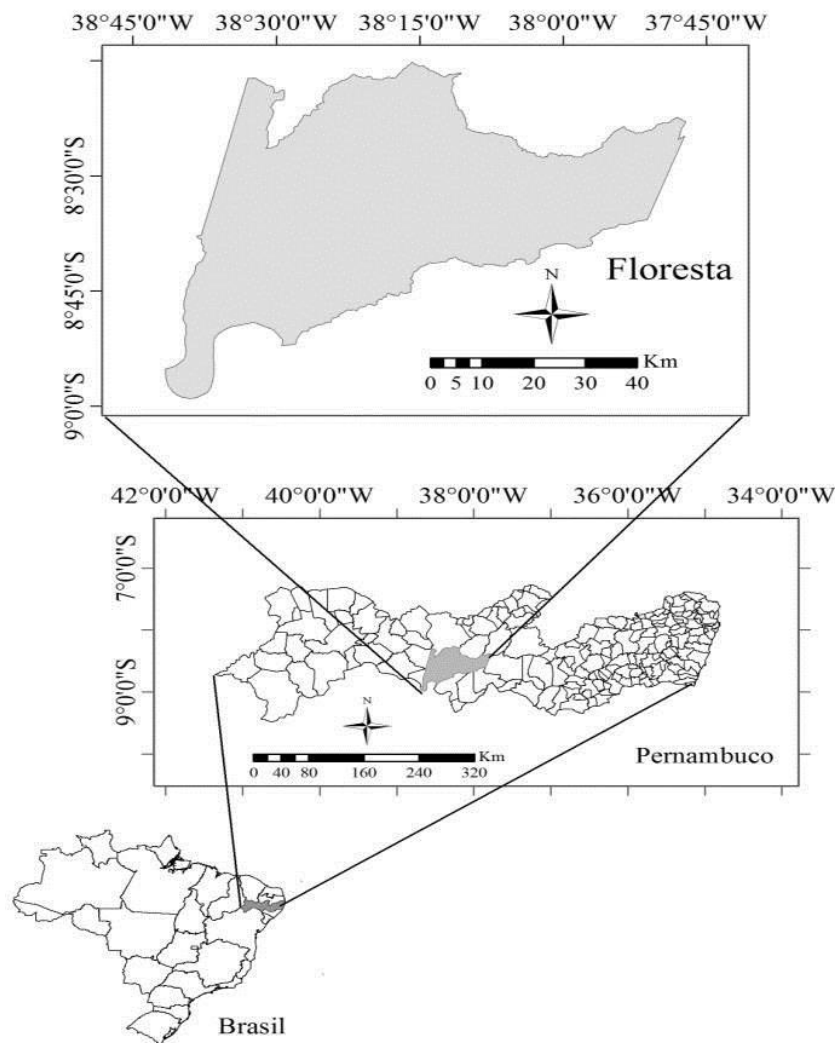
Diante desta situação a Prefeitura Municipal de Floresta (PMF) elaborou cadastro de usuários do açude e do Riacho do Navio de forma a organizar os respectivos usos da água e obter regulamentação elaborada pela ANA (PMF, 2018).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Floresta está localizado a 433 km a Oeste da capital do estado de Pernambuco, Recife, na mesorregião São Francisco Pernambucano e microrregião Sertão de Itaparica. Limita-se a Norte com o município de Serra Talhada, Betânia e Custódia, a Oeste com Carnaubeira da Penha e Itacuruba, a Sul com Inajá, Tacaratu, Petrolândia e Estado da Bahia, a Leste com Ibimirim. A área municipal apresenta altitude de 316 m e coordenadas geográficas $8^{\circ}36'02''$ S de latitude e $38^{\circ}34'05''$ W de longitude (CPRM, 2005) (Figura 5).

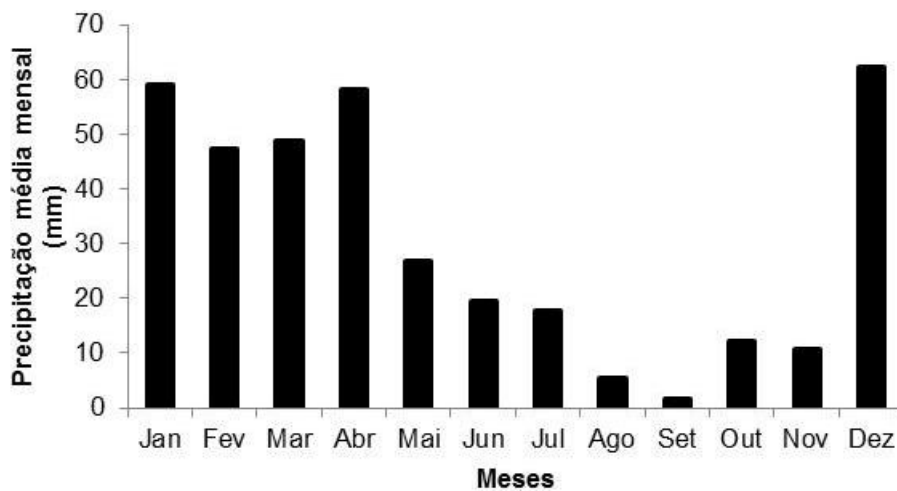
Figura 5. Esquema de Localização do município de Floresta , Pernambuco.



Fonte: Silva et al. (2013).

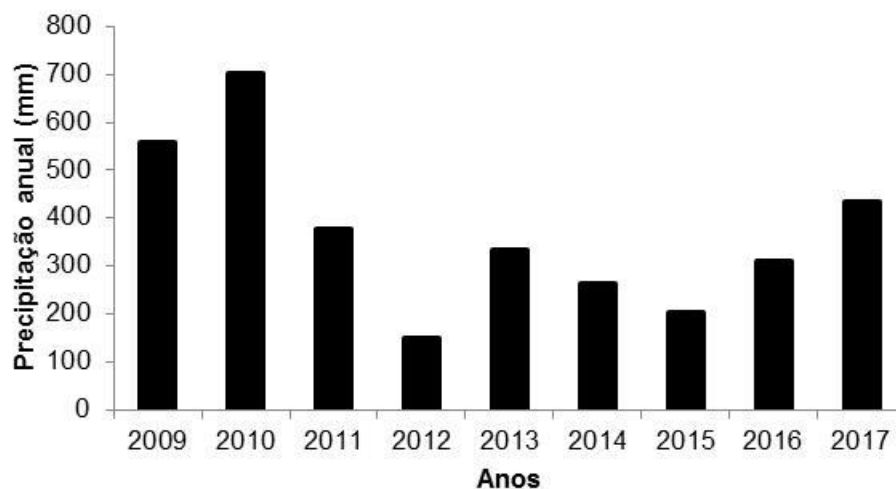
O município de Floresta apresenta pela sistemática de Köppen o tipo climático BSs'h', ou seja, muito quente, semiárido, tipo estepe, com estação chuvosa adiantada para o outono, entre janeiro e maio. A temperatura média anual é de 26,5°C e as precipitações ficam em torno de 623 mm, a evapotranspiração potencial média é 1646 mm ao ano, com déficit hídrico anual de 1023 mm (EMBRAPA, 2001). As precipitações pluviométricas se dispõem de maneira irregular, tanto mensalmente (Figura 6) como anualmente (Figura 7).

Figura 6. Precipitações médias mensais em Floresta-PE, no período entre 2009 e 2017.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia/Seção de Armazenamento de Dados Meteorológicos (2018).

Figura 7. Precipitação anual em Floresta-PE, no período entre 2009 e 2017.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia/Seção de Armazenamento de Dados Meteorológicos (2018).

O município é banhado pelo rio São Francisco na parte sudoeste e tem como curso d'água drenante o rio Pajeú, cujo principal afluente é o Riacho do Navio. Tem como atividades principais a pecuária, a agricultura de sequeiro e, em determinadas áreas, agricultura irrigada (EMPRAPA, 2001).

4.2 HORIZONTES DE PLANEJAMENTO E DEMANDA HÍDRICA TOTAL

O primeiro fator de decisão para início da metodologia foi definir quais seriam os horizontes temporais para que se pudesse estimar o volume hídrico. Sendo assim, definiram-se horizontes de curto, médio e longo prazo, tendo como referência os seguintes anos: horizonte de curto prazo (10 anos), horizonte de médio prazo (20 anos) e horizonte de longo prazo (30 anos).

Tendo em vista a importância do real conhecimento sobre a necessidade de uso dos recursos hídricos, a metodologia do presente trabalho seguiu três etapas de cálculo potencial de consumo, sendo elas: demanda para abastecimento humano, demanda para dessedentação animal e demanda de irrigação. Ao final dessas três fases pôde-se, então, obter os valores do volume total de demanda tendencial hídrica à montante e à jusante (Riacho do Navio) da barragem Barra do Juá, no município de Floresta-PE, através da Equação 1:

(1)

em que,

= demanda total ($m^3 \text{ ano}^{-1}$);

= demanda de consumo humano ($m^3 \text{ ano}^{-1}$);

= demanda de consumo animal ($m^3 \text{ ano}^{-1}$);

= demanda de irrigação ($m^3 \text{ ano}^{-1}$).

4.3 MÉTODOS DE PROJEÇÕES POPULACIONAIS

Segundo Von Sperling (2005), existem alguns métodos principais para estudos populacionais. Para a estimativa de consumo hídrico humano e animal foram utilizados quatro métodos de projeções para os horizontes definidos. No Quadro 1 estão expostas as equações matemáticas aplicadas em cada método e suas principais características:

Quadro 1. Fórmulas matemáticas para os métodos de projeção populacional.

| Método | Descrição | Coeficientes | Fórmula de Projeção |
|---|--|-----------------------------------|----------------------------|
| Projeção Aritmética | Este método possui uma taxa constante de crescimento da população. | _____ | |
| Projeção Geométrica | O crescimento populacional depende da população em cada momento. | _____ | |
| Taxa decrescente de crescimento | O raciocínio desse método é que à medida que a população cresce, a taxa de crescimento fica menor, tendendo de forma assintota a uma população de saturação. | _____ [_____] | [_____] |
| Curva Logística | Neste método, similarmente ao método anterior, a população tende de forma assintota a um valor de saturação. Faz-se necessário atender as seguintes condições: | _____ _____ _____ [_____] | _____ |
| <p>onde,</p> <p>_____ = populações dos anos _____ (hab);</p> <p>_____ = estimativa da população no ano _____ (hab);</p> <p>_____ = população de saturação (hab);</p> <p>_____ = coeficientes.</p> | | | |

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

4.4 DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL PARA ABASTECIMENTO HUMANO

A área em estudo é integralmente rural, portanto, para a estimativa de demanda de consumo hídrico populacional foram obtidos os dados de habitantes rurais do município através de censos dos anos de 2000 e 2010 (IBGE, 2018). Tais informações estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1. População rural do município de Floresta – Pernambuco.

| Ano | População Rural |
|------------|------------------------|
| 2000 | 9.182 |
| 2010 | 9.312 |

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Para aplicação dos métodos de projeção populacional se faz necessário o uso de pelo menos três séries de dados. Sendo assim, foi aplicado o método aritmético para obter mais uma série. O ano escolhido para se calcular a projeção foi o de 2005, pois o mesmo se encontra entre os dois censos.

É importante salientar que esses dados são da população rural de todo o município, sendo necessário seccioná-lo apenas para a área de estudo. Para encontrar essa população, obtiveram-se dados através do cadastro de usuários e animais à montante e à jusante da barragem Barra do Juá, elaborado pela Prefeitura Municipal de Floresta em 2018, em que foram cadastrados 1.670 habitantes na região (PMF, 2018).

De posse dessas informações, aplicaram-se os métodos definidos anteriormente para os anos 2018, 2019 (atual), 2029 (curto prazo), 2039 (médio prazo) e 2049 (longo prazo). A projeção para o ano de 2018 foi calculada para que se pudesse obter, por meio da população total e do cadastro de usuários, a porcentagem de habitantes da localidade estudada.

Para mensurar a demanda hídrica de abastecimento humano rural, admitiu-se demanda equivalente ao volume diário de água bruta captada na barragem Barra do Juá (montante) e no Riacho do Navio (jusante) por habitante. Estão embutidos nesse consumo de água “per capita” vários usos, como: ingestão, preparação de alimentos, higiene pessoal, descarga de bacia sanitária, lavagem de roupas e limpeza em geral.

O Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste – PLIRHINE estabelece para estimativa de demanda hídrica desta fração da população um consumo de 70 a 100 L hab⁻¹ dia⁻¹ (SUDENE, 1980), sendo admitido para este trabalho o valor de 100 L hab⁻¹ dia⁻¹, tendo em vista um cenário otimista.

Ao consumo “per capita” adotado ainda se deve levar em consideração as perdas no sistema de abastecimento, uma vez que na zona rural, comumente, dispõe de sistema rudimentar e autônomo de abastecimento. Sendo assim, admitiu-se o valor de 80% de eficiência do sistema de abastecimento rural. Portanto, o consumo de água médio por habitante estimado foi de 125 L hab⁻¹ dia⁻¹.

A demanda anual para abastecimento humano foi estipulada através da Equação 2:

(2)

onde,

= demanda de consumo humano (m³ ano⁻¹);

= número de habitantes (hab);

= consumo diário de água por habitante (m³ dia⁻¹ hab⁻¹).

4.5 DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL PARA DESSEDENTAÇÃO ANIMAL

Para conjectura da demanda hídrica destinada à dessedentação dos animais primeiramente foram aplicados os métodos de projeções populacionais descritos anteriormente, após a aplicação pôde-se verificar qual procedimento mais se aproximava da realidade local e dar prosseguimento à metodologia.

Os dados utilizados para a estimativa foram obtidos através da Pesquisa da Pecuária Municipal, disponíveis no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). O período considerado neste trabalho foi durante os anos de 2002 a 2016. As espécies de animais envolvidos nessa pesquisa são: bovinos, suínos, ovinos, caprinos, equinos, muares e galináceos. A quantidade de animais, por rebanho, para cada um desses anos está disposta na Tabela 2.

Os dados selecionados foram aqueles que obedeceram as condições do método de curva logística, sendo aplicado neste e nos demais métodos para 2018 e para os horizontes de planejamento previamente definidos. Do mesmo modo da população humana, esses dados são referentes ao município, devendo estes serem

direcionados apenas para o local de estudo. Para isso, foram adquiridas informações do cadastro de usuários e animais à montante e à jusante da barragem Barra do Juá (PMF, 2018). Na Tabela 3 estão expostos esses valores de animais, por espécie.

Tabela 2. Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) de Floresta – PE.

| ANO | REBANHO | | | | | | |
|------|---------|--------|---------|----------|---------|-------|------------|
| | Bovinos | Suínos | Ovinos | Caprinos | Equinos | Muare | Galináceos |
| 2002 | 16.700 | 1.220 | 41.500 | 250.000 | 3.250 | 550 | 31.500 |
| 2003 | 20.000 | 1.400 | 43.000 | 257.000 | 3.500 | 600 | 33.600 |
| 2004 | 15.600 | 1.500 | 38.700 | 231.300 | 3.200 | 550 | 35.000 |
| 2005 | 18.314 | 1.600 | 40.000 | 210.000 | 3.500 | 600 | 33.500 |
| 2006 | 21.200 | 1.720 | 43.000 | 230.000 | 3.600 | 650 | 36.500 |
| 2007 | 23.000 | 1.850 | 40.000 | 110.000 | 2.000 | 750 | 20.000 |
| 2008 | 22.000 | 2.000 | 48.000 | 154.000 | 2.200 | 820 | 21.700 |
| 2009 | 22.800 | 2.200 | 70.000 | 165.000 | 2.313 | 750 | 20.000 |
| 2010 | 23.700 | 3.224 | 89.229 | 181.696 | 2.500 | 750 | 21.500 |
| 2011 | 23.500 | 4.300 | 98.000 | 198.000 | 3.100 | 800 | 20.000 |
| 2012 | 18.857 | 4.730 | 132.300 | 268.900 | 3.397 | 750 | 14.000 |
| 2013 | 14.982 | 3.950 | 169.656 | 314.927 | 3.128 | - | 11.000 |
| 2014 | 13.268 | 4.003 | 170.246 | 316.033 | 3.162 | - | 10.000 |
| 2015 | 14.268 | 4.100 | 171.760 | 325.670 | 2.550 | - | 9.500 |
| 2016 | 13.200 | 4.000 | 171.800 | 336.700 | 2.100 | - | 8.600 |

Fonte: SIDRA (2018).

Tabela 3. Cadastro de animais à montante e à jusante da barragem Barra do Juá.

| ANO | REBANHO | | | | | | |
|------|---------|-------|-------|---------|--------|------|-----------|
| | Bovino | Suíno | Ovino | Caprino | Equino | Muar | Galináceo |
| 2018 | 1.520 | 268 | 8.172 | 16.806 | 263 | 99 | 3.070 |

Fonte: Prefeitura Municipal de Floresta (2018).

O consumo hídrico médio diário utilizado na ingestão de água pelos animais varia de acordo com sua espécie, sendo empregados valores estimados por Pereira, Paterniani e Demarchi (2009), os quais estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4. Consumo diário de água, por espécie, dos animais.

| Espécie | Consumo (L dia ⁻¹ cabeça ⁻¹) |
|-----------|---|
| Bovino | 50 |
| Suíno | 20 |
| Ovino | 7 |
| Caprino | 7 |
| Equino | 40 |
| Muar | 40 |
| Galináceo | 0,36 |

Fonte: Pereira, Paterniani e Demarchi (2009).

Portanto, a demanda hídrica anual destinada ao consumo animal foi calculada através da Equação 3:

$$(3)$$

em que,

- = demanda de consumo animal ($\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$);
- = número de cabeças de animais, por espécie (cabeça);
- = consumo diário de água, por espécie ($\text{m}^3 \text{ano}^{-1} \text{cabeça}^{-1}$).

4.6 DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL PARA IRRIGAÇÃO

4.6.1 Obtenção e organização dos dados meteorológicos

Utilizou-se os dados meteorológicos de temperatura (, °C) e umidade relativa do ar (, %), radiação solar (, $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) e de velocidade do vento (, m s^{-1}), obtidos em uma estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada no município de Floresta-PE (8°35'55,63" de latitude sul e 38°35'2,62" de longitude oeste, com 327 m de altitude). Para este trabalho foi usado um período desde setembro de 2008 até setembro de 2018. Os dados meteorológicos, disponibilizados a cada hora, foram obtidos junto ao INMET, e processados com o objetivo de expressá-los em termos diários.

4.6.2 Determinação da evapotranspiração de referência

A partir dos dados meteorológicos diários foram estimados os valores da evapotranspiração de referência por meio do método de Penman-Monteith, parametrizado no boletim 56 (Equação 4) da Organização das Nações Unidas (FAO). Para isso, foi utilizada planilha eletrônica para o cálculo diário da do período usado (2008 a 2018). Este método considera a seguinte expressão para a estimativa da evapotranspiração de referência (ALLEN et al., 1998):

$$(4)$$

onde,

- = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1});
- = radiação líquida à superfície ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$);
- = densidade do fluxo de calor do solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$);
- = temperatura do ar média diária a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$);
- = velocidade do vento a 2 m de altura (m s^{-1});
- = pressão do vapor de saturação (kPa);
- = pressão do vapor atual (kPa);
- = declividade da curva de pressão do vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$);
- = constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

4.6.3 Estimativa da evapotranspiração de culturas agrícolas

A evapotranspiração de culturas agrícolas foi obtida utilizando a (Penman-Monteith FAO 56), anteriormente calculada, e os valores dos coeficientes de cultura específicos para cada espécie, obtidos através da Equação 5:

(5)

onde,

- = evapotranspiração da cultura no dia i (mm);
- = evapotranspiração de referência no dia i (mm);
- = coeficiente de cultura no dia i , de cada uma das culturas escolhidas (decimal).

Para execução desta etapa do trabalho, recorreu-se a literatura na busca do K_c das espécies do milho, feijão-caupi, melão, melancia, tomate, cebola, banana e coco, devido serem as culturas agrícolas responsáveis pelo maior desenvolvimento da economia local (Tabela 5).

Os valores de foram calculados para a quantidade de ciclos possíveis durante os anos de 2008 a 2018 (exceto o ano de 2011, que apresentou dados meteorológicos inconsistentes), de acordo com a duração do ciclo de cada cultura anual ou conforme condições de pleno estabelecimento das frutíferas (banana e coco). Para as culturas anuais, os mesmos foram iniciados no primeiro dia de janeiro, sendo as suas simulações realizadas de forma consecutiva, de modo que ao final de um ciclo, iniciava-se o próximo no dia seguinte.

Tabela 5. Valores de coeficientes de culturas das fases fenológicas do milho, feijão-caupi, melão, melancia, tomate, cebola, banana e coco.

| Culturas | Kc | | | | Fonte |
|----------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Fase I | Fase II | Fase III | Fase IV | |
| Milho | 0,86 (0 a 40 DAP*) | 1,23 (41 a 53 DAP) | 0,97 (54 a 73 DAP) | 0,52 (74 a 109 DAP) | Souza et al. (2015) |
| | Feijão-caupi | 0,68 (0 a 30 DAP) | 1,02 (31 a 51 DAP) | 1,06 (52 a 63 DAP) | |
| Melão | | 0,54 (0 a 21 DAP) | 0,84 (22 a 39 DAP) | 0,60 (40 a 57 DAP) | 0,66 (58 a 62 DAP) |
| | Melancia | 0,51 (0 a 9 DAP) | 0,52 (10 a 24 DAP) | 1,23 (25 a 50 DAP) | 1,13 (51 a 60 DAP) |
| Tomate | | 0,55 (0 a 10 DAP) | 0,65 (11 a 40 DAP) | 0,85 (41 a 80 DAP) | 0,65 (81 a 100 DAP) |
| | Cebola | 0,60 (0 a 13 DAT**) | 0,80 (14 a 33 DAT) | 0,95 (34 a 58 DAT) | 0,65 (59 a 83 DAT) |
| Banana | | 1,15 (pleno estabelecimento) | | | |
| Coco | 1,00 (pleno estabelecimento) | | | | Miranda e Gomes (2006) |

Obs: *DAP – dias após o plantio; **DAT – dias após o transplântio.

4.6.4 Estimativa da demanda suplementar de irrigação

A demanda suplementar de irrigação garante que todas as plantas receberão uma lâmina maior ou igual à necessária para suprir o déficit hídrico, calculada utilizando a Equação 6 (BERNARDO, SOARES, MANTOVANI, 2008) e se adotando uma eficiência média de irrigação igual a 74,7%, com base em avaliações feitas na

bacia do Rio São Francisco em projetos com métodos de irrigação por aspersão e localizada (RAMOS; PRUSKI, 2003).

(6)

em que:

- = demanda suplementar de irrigação no dia i (mm);
- = evapotranspiração da cultura no dia i (mm);
- = eficiência média de aplicação de água via irrigação (%).

4.6.5 Estimativa da área irrigável

A determinação da área apta à agricultura irrigada, no cenário atual, foi baseada nos dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através da Produção Agrícola Municipal (Tabela 6).

Tabela 6. Produção Agrícola Municipal (PAM) de Floresta – PE.

| ANO | | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|----------------------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|--------------|
| CULTURA | | Área colhida (ha) | | | | | | | | |
| LAVOURA PERMANENTE | Banana | 12 | 15 | 15 | 15 | 5 | 5 | 7 | 5 | 6 |
| | Coco-da-baía | 40 | 40 | 40 | 40 | 20 | 10 | 10 | 10 | 8 |
| LAVOURA TERMPORÁRIA | Cebola | 100 | 100 | 100 | 60 | 50 | 50 | 50 | 30 | 50 |
| | Feijão-caupi | 1.620 | 1.620 | 1.500 | 2.615 | 12 | 1.020 | 260 | 500 | 1.000 |
| | Melancia | 150 | 150 | 150 | 60 | 100 | 100 | 100 | 80 | 60 |
| | Melão | 400 | 400 | 400 | 200 | 200 | 200 | 200 | 120 | 100 |
| | Tomate | 200 | 200 | 200 | 100 | 80 | 60 | 60 | 60 | 50 |
| | Milho | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 2.615 | 0 | 2.000 | 150 | 500 | 1.000 |
| TOTAL (ha) | | 4.022 | 4.025 | 3.905 | 5.705 | 467 | 3.445 | 837 | 1.305 | 2.274 |

Fonte: SIDRA (2018).

A Agência Nacional de Águas (ANA), através do documento de Alocação de Água para o reservatório Barra do Juá durante o período de 2018-2019 garante a irrigação para 110 ha à montante e 560 ha à jusante da barragem, totalizando 670 ha de solo irrigável. Posto isso, verificou-se a parcela de área destinada ao plantio do município que pertence à localidade de estudo.

Com detenção dessas informações, calcularam-se as projeções de áreas a serem irrigadas aplicando uma taxa de crescimento de 1,37% ao ano. Essa taxa tem base no estudo de demanda elaborado pela ANA, através do Atlas de Obras Prioritárias para a Região Semiárida (ANA, 2005).

Por fim, foram aplicadas a estas áreas as demandas anuais unitárias de cada cultura às áreas irrigadas através da Equação 7:

(7)

onde,

= demanda de irrigação ($\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$);

= área plantada de cada cultura (ha);

= consumo de água, por cultura ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$).

5 RESULTADOS

5.1 DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL PARA ABASTECIMENTO HUMANO

Conforme metodologia apresentada, primeiramente se fez necessário obter mais uma série de dados, para o ano 2005, através do método aritmético de projeção populacional, obtendo-se um total de 9.247 habitantes.

Por meio dessa projeção foi possível aplicar os métodos de crescimento populacionais considerados (Tabela 7) para o ano de 2018 e para os horizontes definidos para este trabalho: atual (2019), curto prazo (2029), médio prazo (2039) e longo prazo (2049). Através da Figura A, disponível no apêndice, é possível fazer a comparação dos métodos, sendo selecionado o geométrico, tendo em vista um cenário otimista de crescimento.

Tabela 7. Projeções da população rural do município de Floresta-PE para anos 2018, 2019, 2029, 2039 e 2049.

| Ano | Projeção Aritmética | Projeção Geométrica | Taxa Decrescente de Crescimento | Curva Logística |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|-----------------|
| 2018 | 9.416 | 9.418 | 9.415 | 9.416 |
| 2019 | 9.429 | 9.431 | 9.428 | 9.429 |
| 2029 | 9.559 | 9.565 | 9.555 | 9.559 |
| 2039 | 9.689 | 9.700 | 9.679 | 9.689 |
| 2049 | 9.819 | 9.837 | 9.802 | 9.819 |

Com a projeção da população para o ano 2018 e informação obtida no cadastro de usuários e animais à montante e à jusante da barragem Barra do Juá elaborado pela PMF (2018), chegou-se ao percentual de 17,73% da população rural do município residente na região analisada (RA).

A população projetada na RA e a demanda hídrica tendencial para o abastecimento humano pode ser conferida a seguir na Tabela 8, onde se aplicou uma demanda “per capita” de 125 L hab⁻¹ dia⁻¹.

Tabela 8. Demanda hídrica tendencial para abastecimento humano.

| ANO | POPULAÇÃO NA RA | DEMANDA HÍDRICA (m³ ano⁻¹) |
|------------|------------------------|---|
| 2019 | 1.673 | 76.330,63 |
| 2029 | 1.697 | 77.425,63 |
| 2039 | 1.721 | 78.520,63 |
| 2049 | 1.745 | 79.615,63 |

5.2 DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL PARA DESSEDENTAÇÃO ANIMAL

Para prognóstico da demanda hídrica para consumo animal, primeiramente, foram aplicados métodos apresentados na metodologia e obtidos a quantidade de animais, por rebanho, para todo o município de Floresta-PE (Tabelas 9 a 15).

Percebe-se que nos métodos Taxa Decrescente de Crescimento e Curva Logística, para todos os rebanhos, exceto o caprino, a população de saturação é atingida rapidamente, o que a faz manter-se constante nos horizontes posteriores. Os rebanhos bovino, suíno, equino, muar e galináceo apresentaram valores muito altos e discrepantes dos demais métodos para projeção geométrica, enquanto o ovino obteve valores bem próximos para as projeções aritmética e geométrica.

Tabela 9. Projeções do rebanho bovino do município de Floresta-PE.

| Ano | Projeção Aritmética | Projeção Geométrica | Taxa Decrescente de Crescimento | Curva Logística |
|-------------|----------------------------|----------------------------|--|------------------------|
| 2018 | 28.700 | 29.620 | 24.608 | 24.686 |
| 2019 | 29.325 | 30.457 | 24.630 | 24.687 |
| 2029 | 35.575 | 40.245 | 24.685 | 24.687 |
| 2039 | 41.825 | 53.179 | 24.687 | 24.687 |
| 2049 | 48.075 | 70.271 | 24.687 | 24.687 |

Tabela 10. Projeções do rebanho suíno do município de Floresta-PE.

| Ano | Projeção Aritmética | Projeção Geométrica | Taxa Decrescente de Crescimento | Curva Logística |
|-------------|----------------------------|----------------------------|--|------------------------|
| 2018 | 9.248 | 14.937 | 4.914 | 4.914 |
| 2019 | 10.001 | 18.093 | 4.914 | 4.914 |
| 2029 | 17.531 | 122.977 | 4.914 | 4.914 |
| 2039 | 25.061 | 835.899 | 4.914 | 4.914 |
| 2049 | 32.591 | 5.681.777 | 4.914 | 4.914 |

Tabela 11. Projeções do rebanho ovino do município de Floresta-PE.

| Ano | Projeção Aritmética | Projeção Geométrica | Taxa Decrescente de Crescimento | Curva Logística |
|-------------|----------------------------|----------------------------|--|------------------------|
| 2018 | 173.354 | 173.369 | 171.802 | 171.802 |
| 2019 | 174.131 | 174.158 | 171.802 | 171.802 |
| 2029 | 181.901 | 182.253 | 171.802 | 171.802 |
| 2039 | 189.671 | 190.724 | 171.802 | 171.802 |
| 2049 | 197.441 | 199.589 | 171.802 | 171.802 |

Tabela 12. Projeções do rebanho caprino do município de Floresta-PE.

| Ano | Projeção Aritmética | Projeção Geométrica | Taxa Decrescente de Crescimento | Curva Logística |
|-------------|----------------------------|----------------------------|--|------------------------|
| 2018 | 351.216 | 352.046 | 351.046 | 371.533 |
| 2019 | 358.473 | 359.979 | 358.168 | 383.730 |
| 2029 | 431.050 | 449.836 | 427.576 | 521.746 |
| 2039 | 503.627 | 562.123 | 493.793 | 686.438 |
| 2049 | 576.203 | 702.439 | 556.965 | 869.528 |

Tabela 13. Projeções do rebanho equino do município de Floresta-PE.

| Ano | Projeção Aritmética | Projeção Geométrica | Taxa Decrescente de Crescimento | Curva Logística |
|-------------|----------------------------|----------------------------|--|------------------------|
| 2018 | 6.088 | 8.523 | 3.594 | 3.594 |
| 2019 | 6.537 | 9.935 | 3.594 | 3.595 |
| 2029 | 11.022 | 46.017 | 3.595 | 3.595 |
| 2039 | 15.507 | 213.155 | 3.595 | 3.595 |
| 2049 | 19.992 | 987.355 | 3.595 | 3.595 |

Tabela 14. Projeções do rebanho muar do município de Floresta-PE.

| Ano | Projeção Aritmética | Projeção Geométrica | Taxa Decrescente de Crescimento | Curva Logística |
|-------------|----------------------------|----------------------------|--|------------------------|
| 2018 | 1.670 | 2.621 | 928 | 928 |
| 2019 | 1.755 | 2.943 | 928 | 928 |
| 2029 | 2.605 | 9.404 | 928 | 928 |
| 2039 | 3.455 | 30.045 | 928 | 928 |
| 2049 | 4.305 | 96.001 | 928 | 928 |

Tabela 15. Projeções do rebanho galináceo do município de Floresta-PE.

| Ano | Projeção Aritmética | Projeção Geométrica | Taxa Decrescente de Crescimento | Curva Logística |
|-------------|----------------------------|----------------------------|--|------------------------|
| 2018 | 51.500 | 56.786 | 37.439 | 37.440 |
| 2019 | 52.750 | 58.917 | 37.440 | 37.441 |
| 2029 | 65.250 | 85.152 | 37.442 | 37.442 |
| 2039 | 77.750 | 123.069 | 37.442 | 37.442 |
| 2049 | 90.250 | 177.870 | 37.442 | 37.442 |

No apêndice podem ser conferidos gráficos que explicitam o comportamento de cada método, por espécie animal, e onde foi possível compará-los e escolher qual projeção mais se adequou, tendo em vista um cenário futuro otimista, mas dentro da realidade.

Sendo assim o método aritmético foi selecionado para os rebanhos bovino, suíno, equino, muar e galináceo, enquanto para os rebanhos ovino e caprino, o método escolhido foi o de projeção geométrica.

A definição de métodos de projeções distintos pode ser explicada também pelo fato de cada espécie animal ter suas particularidades, seja em seu modo de reproduzir, no seu papel perante o ambiente que habita ou no seu potencial econômico.

Calculadas as projeções de quantidade de animais, pôde-se definir a demanda hídrica anual (Tabelas 16 a 22), por rebanho, através do consumo de água por cabeça de animal. A Tabela 23 é reúne essas demandas e pode ser conferida a demanda total para dessedentação animal atual e para os horizontes definidos.

Tabela 16. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho bovino.

| ANO | BOVINOS NA RA | DEMANDA HÍDRICA (m³ ano⁻¹) |
|------------|----------------------|---|
| 2019 | 1.520 | 27.740,00 |
| 2029 | 1.554 | 28.360,50 |
| 2039 | 1.885 | 34.401,25 |
| 2049 | 2.216 | 40.442,00 |

Tabela 17. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho suíno.

| ANO | SUÍNOS NA RA | DEMANDA HÍDRICA (m³ ano⁻¹) |
|------------|---------------------|---|
| 2019 | 290 | 2.117,00 |
| 2029 | 509 | 3.715,70 |
| 2039 | 727 | 5.307,10 |
| 2049 | 945 | 6.898,50 |

Tabela 18. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho ovino.

| ANO | OVINOS NA RA | DEMANDA HÍDRICA (m³ ano⁻¹) |
|------------|---------------------|---|
| 2019 | 8.210 | 20.976,55 |
| 2029 | 8.591 | 21.950,01 |
| 2039 | 8.991 | 22.972,01 |
| 2049 | 9.408 | 24.037,44 |

Tabela 19. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho caprino.

| ANO | CAPRINOS NA RA | DEMANDA HÍDRICA (m³ ano⁻¹) |
|------------|-----------------------|---|
| 2019 | 17.185 | 43.907,68 |
| 2029 | 21.475 | 54.868,63 |
| 2039 | 26.835 | 68.563,43 |
| 2049 | 33.534 | 85.679,37 |

Tabela 20. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho equino.

| ANO | EQUINOS NA RA | DEMANDA HÍDRICA (m³ ano⁻¹) |
|------------|----------------------|---|
| 2019 | 283 | 4.131,80 |
| 2029 | 477 | 6.964,20 |
| 2039 | 670 | 9.782,00 |
| 2049 | 864 | 12.614,40 |

Tabela 21. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho muar.

| ANO | MUARES NA RA | DEMANDA HÍDRICA (m³ ano⁻¹) |
|------------|---------------------|---|
| 2019 | 105 | 1.533,00 |
| 2029 | 155 | 2.263,00 |
| 2039 | 205 | 2.993,00 |
| 2049 | 256 | 3.737,60 |

Tabela 22. Demanda hídrica tendencial para dessedentação do rebanho galináceo.

| ANO | GALINÁCEOS NA RA | DEMANDA HÍDRICA (m³ ano⁻¹) |
|------------|-------------------------|---|
| 2019 | 3.145 | 413,25 |
| 2029 | 3.890 | 511,15 |
| 2039 | 4.635 | 609,04 |
| 2049 | 5.380 | 706,93 |

Tabela 23. Demanda hídrica tendencial para consumo animal, por rebanho.

| ANO | 2019 | 2029 | 2039 | 2049 |
|----------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| REBANHO | DEMANDA HÍDRICA PARA CONSUMO ANIMAL (m³ ano⁻¹) | | | |
| BOVINO | 27.740,00 | 28.360,50 | 34.401,25 | 40.442,00 |
| SUÍNO | 2.117,00 | 3.715,70 | 5.307,10 | 6.898,50 |
| OVINO | 20.976,55 | 21.950,01 | 22.972,01 | 24.037,44 |
| CAPRINO | 43.907,68 | 54.868,63 | 68.563,43 | 85.679,37 |
| EQUINO | 4.131,80 | 6.964,20 | 9.782,00 | 12.614,40 |
| MUAR | 1.533,00 | 2.263,00 | 2.993,00 | 3.737,60 |
| GALINÁCEO | 413,25 | 511,15 | 609,04 | 706,93 |
| TOTAL | 100.819,28 | 118.633,18 | 144.627,82 | 174.116,24 |

As Figuras 7, 8, 9 e 10 contêm gráficos com a distribuição hídrica percentual atual e nos horizontes de curto, médio e longo prazo de acordo com o consumo de cada tipo rebanho. Para todos os anos de análise, o rebanho caprino lidera com média de 46,60% o consumo de água, seguido dos bovinos com 24,61% desse consumo enquanto os ovinos representam 17,25% da demanda de água animal. O restante dos rebanhos necessita de menos água que os demais devido ao pequeno número de animais ou ao baixo consumo diário.

A representatividade da demanda hídrica pelos caprinos e ovinos é explicável pelo fato do município liderar o ranking estadual de rebanho desses animais. De acordo com a Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE, 2019), em sua base de dados, o município de Floresta foi o maior produtor de caprinos do Estado e esteve em segundo lugar na produção estadual de ovinos no ano de 2016. Já o significativo percentual para o rebanho bovino se explica pelo alto valor de consumo diário de água por animal, sendo o maior dentre as espécies consideradas no presente trabalho.

Figura 8. Percentual de demanda hídrica atual (2019) para dessedentação animal, por rebanho.

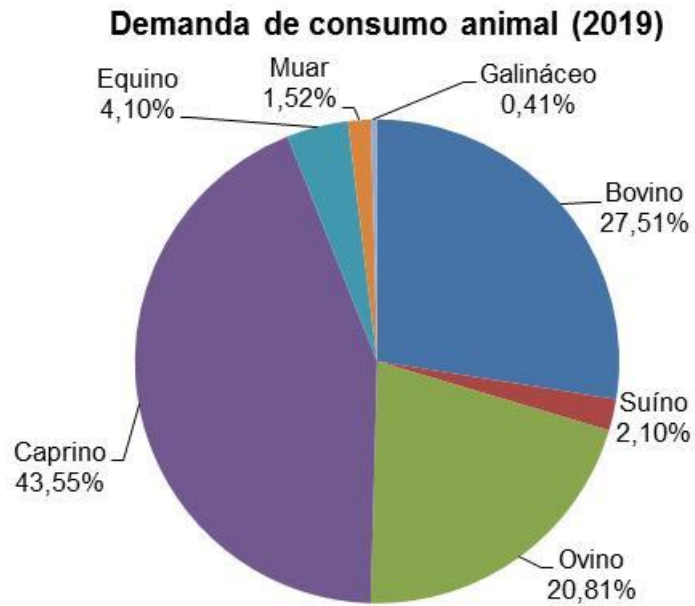


Figura 9. Percentual de demanda hídrica no horizonte de curto prazo (2029) para dessedentação animal, por rebanho.

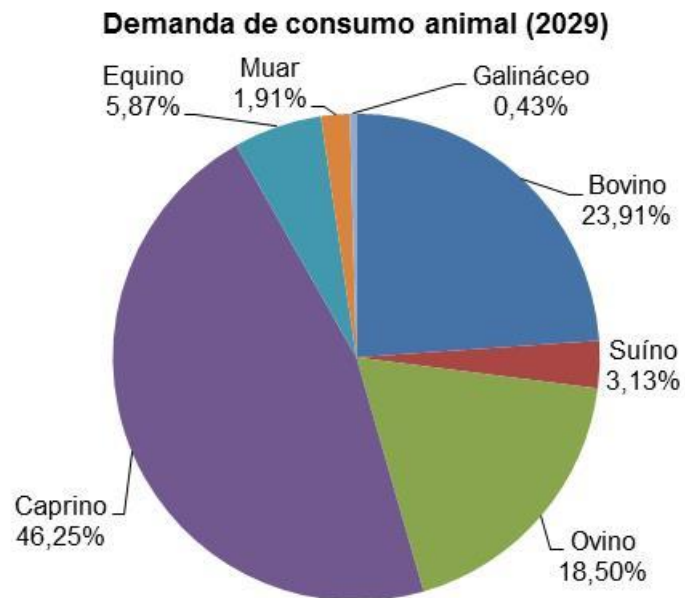


Figura 10. Percentual de demanda hídrica no horizonte de médio prazo (2039) para dessedentação animal, por rebanho.

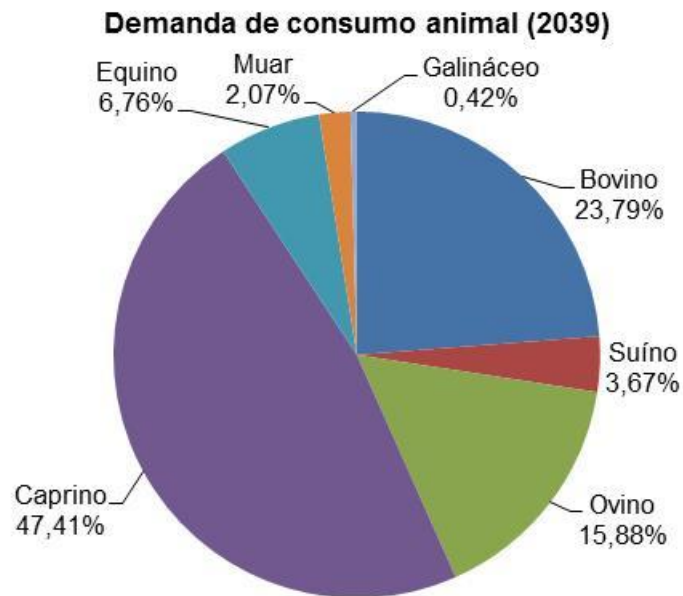
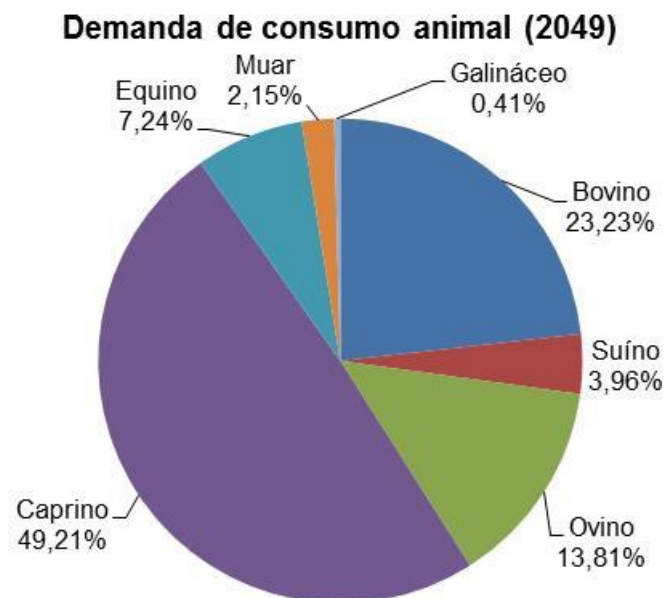


Figura 11. Percentual de demanda hídrica no horizonte de longo prazo (2049) para dessedentação animal, por rebanho.



5.3 DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL PARA IRRIGAÇÃO

Nas Tabelas 24 a 31 podem ser verificados os consumos de água calculados nos ciclos considerados para cada cultura no período de tempo estudado (anos 2008 a 2018, exceto 2011). Nota-se que maiores valores de são encontrados durante o verão, que compreende os meses mais chuvosos da região. Outra explicação para esse fenômeno é o fato dessas chuvas serem de alta intensidade, ou seja, alta magnitude de precipitação em um período curto de tempo, sendo necessária irrigação mesmo em período chuvoso.

Observa-se na Tabela 6 que a partir do ano 2013 houve uma queda da produção agrícola no município, esse fato é explicado pela estiagem na região Nordeste que se deflagrou em 2012, e, conseqüentemente no município de Floresta-PE, como pôde ser observado na Figura 6.

Diante disto, as séries utilizadas para o estudo de demanda hídrica atual e tendencial nos horizontes de curto, médio e longo prazo foi o período de 2008 a 2011 (SIDRA, 2018), com o objetivo de elevar as médias de área produtiva e levando em consideração um cenário futuro otimista. Na Tabela 32 podem ser verificadas as médias de área colhida, por cultura, no município de Floresta-PE.

Tabela 24. Demanda hídrica média anual da banana.

| ANO | CICLO |
|-------------------------|-----------------|
| | jan-dez |
| 2008 | * |
| 2009 | 2.002,78 |
| 2010 | * |
| 2012 | 2.413,52 |
| 2013 | 2.285,82 |
| 2014 | * |
| 2015 | 2.346,12 |
| 2016 | 2.386,77 |
| 2017 | * |
| 2018 | * |
| Média Anual (mm) | 2.287,00 |

* falta ou inconsistência de dados, sendo a média calculada com os demais valores.

Tabela 25. Demanda hídrica média anual do coco.

| ANO | CICLO |
|-------------------------|-----------------|
| | jan-dez |
| 2008 | * |
| 2009 | 1.741,55 |
| 2010 | * |
| 2012 | 2.098,71 |
| 2013 | 1.987,67 |
| 2014 | * |
| 2015 | 2.040,11 |
| 2016 | 2.086,86 |
| 2017 | * |
| 2018 | * |
| Média Anual (mm) | 1.990,98 |

* falta ou inconsistência de dados, sendo a média calculada com os demais valores.

Tabela 26. Demanda hídrica média anual do milho.

| ANO | CICLO | | | |
|-------------------------|---------------|---------|---------|---------|
| | jan-abr | abr-ago | ago-nov | set-dez |
| 2008 | * | * | * | 595,00 |
| 2009 | 445,85 | 264,05 | 507,77 | * |
| 2010 | 470,92 | * | * | * |
| 2012 | 554,27 | 416,01 | 515,44 | * |
| 2013 | 556,15 | 364,21 | 519,99 | * |
| 2014 | 511,04 | 347,45 | 484,30 | * |
| 2015 | 526,79 | 368,99 | 544,91 | * |
| 2016 | 491,41 | 385,10 | 598,24 | * |
| 2017 | 553,08 | 327,20 | * | * |
| 2018 | 470,18 | 386,26 | * | * |
| Média Anual (mm) | 461,29 | | | |

* falta ou inconsistência de dados, sendo a média calculada com os demais valores.

Tabela 27. Demanda hídrica média anual do feijão-caupi.

| ANO | CICLO | | | |
|-------------------------|---------|---------------|---------|---------|
| | jan-abr | abr-ago | ago-nov | set-dez |
| 2008 | * | * | * | 442,07 |
| 2009 | 328,05 | 226,32 | 397,98 | * |
| 2010 | 349,69 | 285,17 | * | * |
| 2012 | 411,25 | 357,89 | 399,77 | * |
| 2013 | 409,96 | 308,65 | 403,59 | * |
| 2014 | 375,69 | 280,78 | 381,45 | * |
| 2015 | 389,25 | 323,62 | 423,57 | * |
| 2016 | 350,85 | * | 431,08 | * |
| 2017 | 411,98 | 310,73 | * | * |
| 2018 | 352,42 | 295,65 | * | * |
| Média Anual (mm) | | 356,76 | | |

* falta ou inconsistência de dados, sendo a média calculada com os demais valores.

Tabela 28. Demanda hídrica média anual da melancia.

| ANO | CICLO | | | | | |
|-------------------------|---------|---------------|---------|---------|---------|---------|
| | jan-mar | mar-abr | abr-jun | jun-ago | ago-out | out-dez |
| 2008 | * | * | * | * | * | 366,07 |
| 2009 | 282,36 | 237,89 | 153,95 | 205,17 | 341,91 | 357,76 |
| 2010 | 297,26 | 269,23 | * | * | * | 145,78 |
| 2012 | 358,76 | 334,96 | 263,16 | 234,46 | 341,49 | 372,46 |
| 2013 | 362,89 | 311,95 | 231,37 | 240,56 | 347,22 | 333,86 |
| 2014 | 332,73 | 274,96 | 215,49 | 238,43 | 321,13 | * |
| 2015 | 281,27 | 311,44 | 222,28 | 248,63 | 360,30 | 390,68 |
| 2016 | 289,98 | 348,57 | * | 276,00 | 370,35 | 384,53 |
| 2017 | 360,31 | 302,84 | 201,35 | * | * | 374,18 |
| 2018 | 302,64 | 262,62 | 236,88 | 275,74 | * | * |
| Média Anual (mm) | | 295,08 | | | | |

* falta ou inconsistência de dados, sendo a média calculada com os demais valores.

Tabela 29. Demanda hídrica média anual da cebola.

| ANO | CICLO | | | |
|-------------------------|---------------|---------|---------|---------|
| | jan-mar | mar-jun | jun-set | set-nov |
| 2008 | * | * | * | 432,77 |
| 2009 | 328,94 | 211,37 | 228,84 | 412,48 |
| 2010 | 347,56 | 266,02 | * | * |
| 2012 | 405,40 | 343,05 | 278,58 | 409,19 |
| 2013 | 400,44 | 298,57 | 271,63 | 403,95 |
| 2014 | 376,69 | 267,68 | 269,10 | 357,29 |
| 2015 | 383,54 | 314,65 | 273,49 | 428,51 |
| 2016 | 343,15 | * | 297,70 | 438,38 |
| 2017 | 410,13 | 293,48 | * | * |
| 2018 | 349,54 | 283,11 | 305,56 | * |
| Média Anual (mm) | 336,48 | | | |

* falta ou inconsistência de dados, sendo a média calculada com os demais valores.

Tabela 30. Demanda hídrica média anual do melão.

| ANO | CICLO | | | | | |
|-------------------------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | jan-mar | mar-abr | abr-jun | jun-ago | ago-out | out-dez |
| 2008 | * | * | * | * | * | 366,07 |
| 2009 | 201,31 | 175,56 | 107,97 | 138,65 | 235,00 | 254,42 |
| 2010 | 205,76 | 195,01 | * | * | * | 107,60 |
| 2012 | 254,46 | 233,05 | 183,66 | 160,98 | 233,50 | 261,28 |
| 2013 | 243,71 | 224,12 | 162,17 | 162,56 | 239,48 | 236,71 |
| 2014 | 238,14 | 200,28 | 149,45 | 162,61 | 221,70 | * |
| 2015 | 234,69 | 218,09 | 159,06 | 165,07 | 246,20 | 274,67 |
| 2016 | 190,46 | 239,58 | * | 186,91 | 252,82 | 268,92 |
| 2017 | 254,52 | 217,60 | 143,24 | * | * | 261,64 |
| 2018 | 215,43 | 186,97 | 167,68 | 185,29 | * | * |
| Média Anual (mm) | 209,22 | | | | | |

* falta ou inconsistência de dados, sendo a média calculada com os demais valores.

Tabela 31. Demanda hídrica média anual do tomate.

| ANO | CICLO | | |
|-------------------------|---------|---------------|---------|
| | jan-abr | abr-jul | jul-out |
| 2008 | * | * | * |
| 2009 | 365,58 | 214,17 | 374,04 |
| 2010 | 386,62 | * | * |
| 2012 | 450,43 | 343,99 | 390,74 |
| 2013 | 450,53 | 302,65 | 397,70 |
| 2014 | 414,55 | 281,97 | 374,67 |
| 2015 | 428,43 | 304,08 | 415,46 |
| 2016 | 404,88 | * | 431,43 |
| 2017 | 450,03 | 274,83 | * |
| 2018 | 384,39 | 312,87 | * |
| Média Anual (mm) | | 370,64 | |

* falta ou inconsistência de dados, sendo a média calculada com os demais valores.

Tabela 32. Estimativa das áreas cultivadas com irrigação para o ano de 2019.

| ANO | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | MÉDIA (ha) |
|-------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| CULTURA | ÁREA COLHIDA (ha) | | | | |
| Banana | 12 | 15 | 15 | 15 | 14,25 |
| Coco | 40 | 40 | 40 | 40 | 40,00 |
| Cebola | 100 | 100 | 100 | 60 | 90,00 |
| Feijão-caupi | 1.620 | 1.620 | 1.500 | 2.615 | 1.838,75 |
| Melancia | 150 | 150 | 150 | 60 | 127,50 |
| Melão | 400 | 400 | 400 | 200 | 350,00 |
| Tomate | 200 | 200 | 200 | 100 | 175,00 |
| Milho | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 2.615 | 1.778,75 |
| TOTAL (ha) | 4.022 | 4.025 | 3.905 | 5.705 | 4.414,25 |

Segundo o documento de Alocação de Água para o reservatório Barra do Juá durante o período de 2018 e 2019, a parcela de solo destinado a agricultura é de 670ha, sendo assim, a estimativa de área cultivável na RA corresponde a 15,18%. Para cálculo da demanda hídrica bruta da agricultura ainda foi considerado que o sistema de irrigação terá perdas de 25,3% em relação à demanda líquida (RAMOS; PRUSKI, 2003). Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 33, onde a demanda bruta anual para irrigação em 2019 está estimada em 3.413.239,71 m³, que corresponde a cerca 4,78% da capacidade de armazenamento do açude Barra do Juá.

Tabela 33. Áreas irrigadas e demanda bruta anual de água – cenário atual (2019).

| CULTURA | ÁREA IRRIGADA NA RA (ha) | DEMANDA MÉDIA POR HECTARE ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) | DEMANDA LÍQUIDA ($m^3 ano^{-1}$) | DEMANDA BRUTA ($m^3 ano^{-1}$) |
|---------------------------------|--------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|
| Banana | 2,16 | 22.870,03 | 49.465,16 | 61.979,84 |
| Coco | 6,07 | 19.909,81 | 120.877,34 | 151.459,31 |
| Cebola | 13,66 | 3.364,77 | 45.963,83 | 57.592,68 |
| Feijão-caupi | 279,09 | 3.567,56 | 995.661,67 | 1.247.564,07 |
| Melancia | 19,35 | 2.950,84 | 57.104,96 | 71.552,51 |
| Melão | 53,12 | 2.092,19 | 111.144,12 | 139.263,58 |
| Tomate | 26,56 | 3.706,39 | 98.447,95 | 123.355,28 |
| Milho | 269,98 | 4.612,88 | 1.245.389,01 | 1.560.472,43 |
| TOTAL (m^3) | | | | 3.413.239,71 |

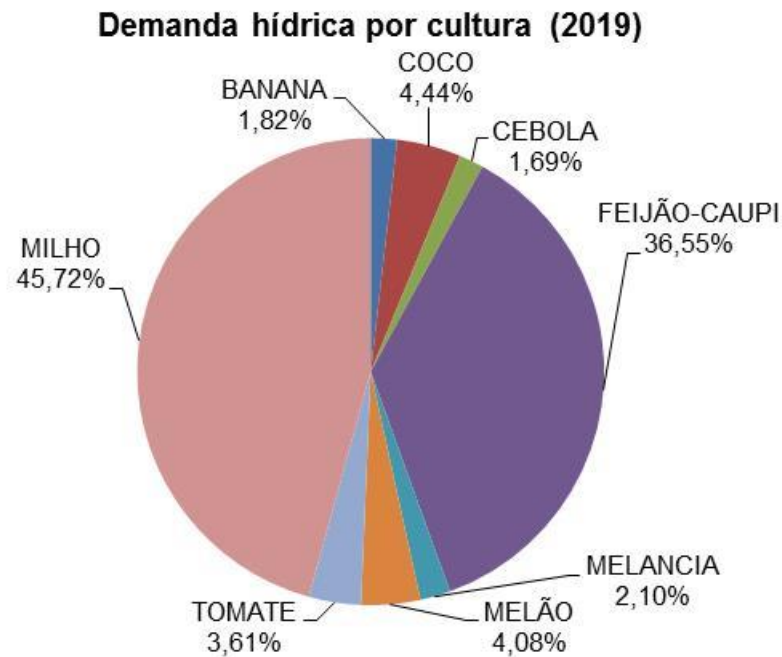
Abaixo, na Figura 11, dispõe o arranjo hídrico destinado a agricultura no cenário atual (2019), por cultura. Nota-se que as culturas de maior significado são milho e feijão-caupi com percentuais de 45,72% e 36,55%, respectivamente. De acordo com os dados obtidos através da Pesquisa da Produção Municipal (IBGE, 2018), milho e feijão-caupi são as culturas de maior cultivo no município.

Para o cenário tendencial foi aplicado uma taxa de crescimento de 1,37%a.a. (ANA, 2005) da área atualmente utilizada, obtendo-se os resultados da demanda hídrica para os horizontes de curto (2029), médio (2039) e longo (2049) prazos, sendo estes apresentados na Tabela 34.

Tabela 34. Demanda hídrica tendencial para agricultura.

| ANO | DEMANDA HÍDRICA ANUAL ($m^3 ano^{-1}$) |
|------|--|
| 2019 | 3.413.239,71 |
| 2029 | 3.910.760,81 |
| 2039 | 4.480.801,65 |
| 2049 | 5.133.932,85 |

Figura 12. Percentual de demanda hídrica para agricultura, por cultura – cenário atual (2019).



5.4 DEMANDA HÍDRICA TENDENCIAL TOTAL

Por meio da Equação 1, apresentada na metodologia, foi possível calcular a demanda total exigida pelos três setores de consumo de água (humano, animal e irrigação) para os horizontes definidos. Na Tabela 35 pode ser conferido um resumo das demandas hídricas por setor e a sua soma. Nas Figuras 12, 13, 14 e 15 podem ser verificadas as participações de cada setor de demanda estimadas no presente trabalho para cada horizonte previamente definido.

Tabela 35. Demanda hídrica tendencial total.

| ANO | DEMANDA DE CONSUMO HUMANO (m ³ ano ⁻¹) | DEMANDA DE CONSUMO ANIMAL (m ³ ano ⁻¹) | DEMANDA DE IRRIGAÇÃO (m ³ ano ⁻¹) | DEMANDA TOTAL (m ³ ano ⁻¹) |
|------|---|---|--|---|
| 2019 | 76.330,63 | 100.819,28 | 3.413.239,71 | 3.590.389,62 |
| 2029 | 77.425,63 | 118.633,18 | 3.910.760,81 | 4.106.819,62 |
| 2039 | 78.520,63 | 144.627,82 | 4.480.801,65 | 4.703.950,10 |
| 2049 | 79.615,63 | 174.116,24 | 5.133.932,85 | 5.387.664,72 |

Figura 13. Distribuição das demandas hídricas para o cenário atual (2019).

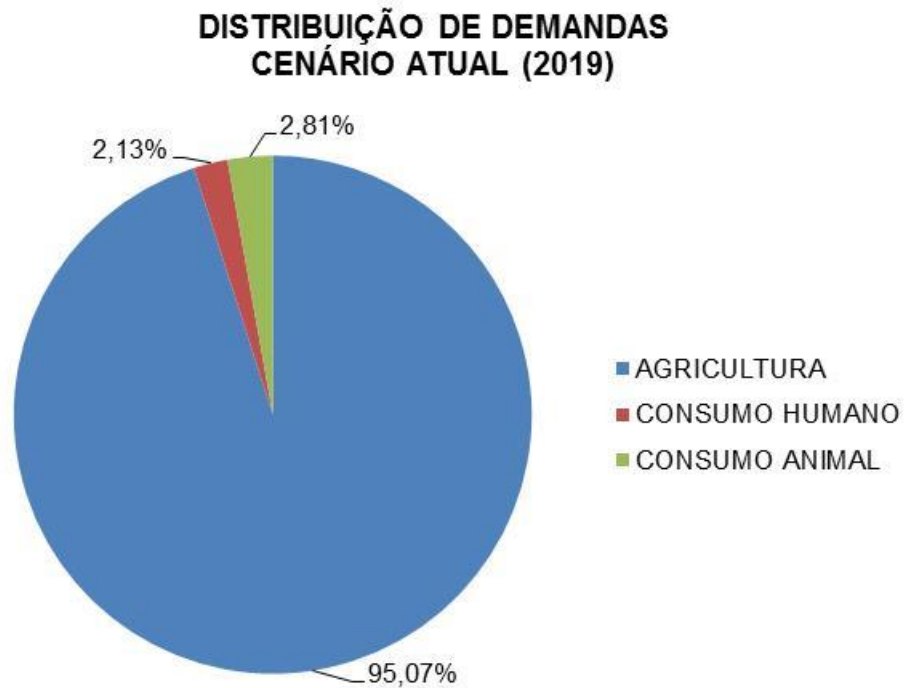


Figura 14. Distribuição das demandas hídricas para o horizonte de curto prazo (2019).

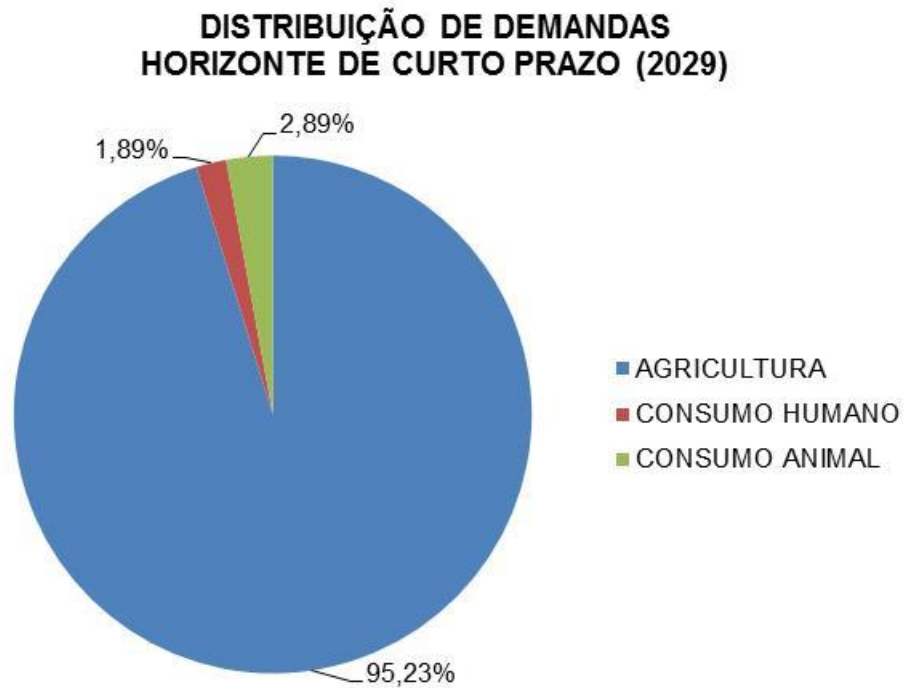


Figura 15. Distribuição das demandas hídricas para o horizonte de médio prazo (2039).

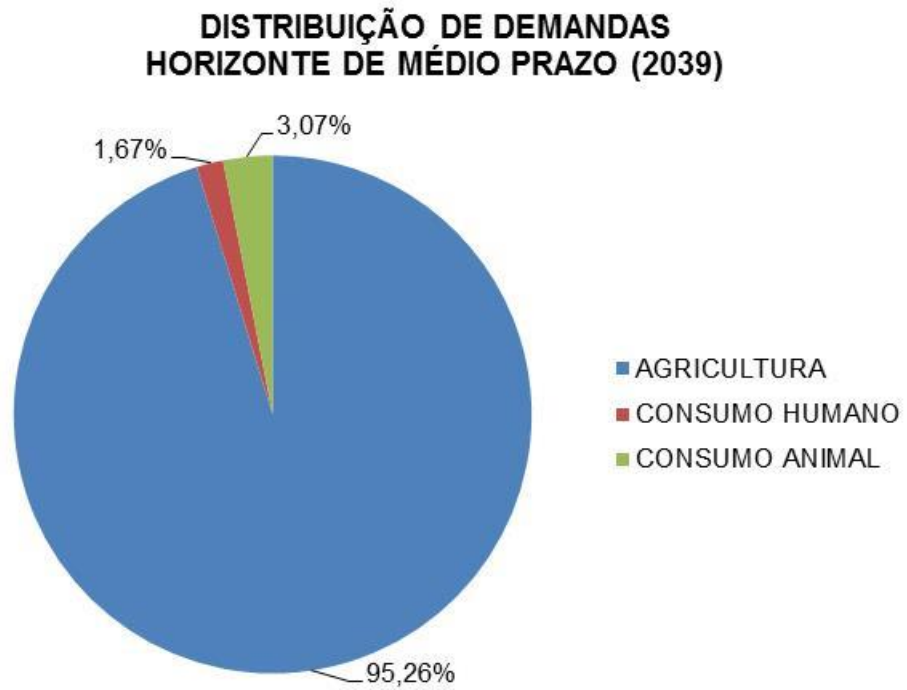
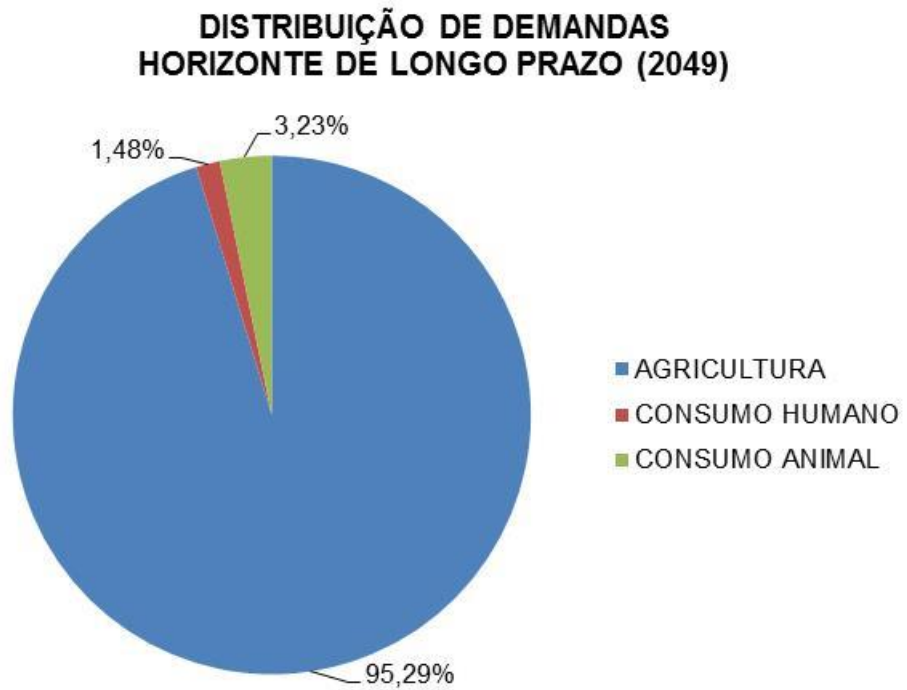


Figura 16. Distribuição das demandas hídricas para o horizonte de longo prazo (2049).



Os resultados obtidos mostraram que o setor que mais consome água é o da agricultura, com média de 95,21% das demandas calculadas nos horizontes definidos, sendo as culturas de maior consumo hídrico o milho e o feijão-caupi, respectivamente. A quantidade de água para dessedentação animal teve média de 3,00% e, para consumo humano, 1,79%. Vale ressaltar que o intuito principal do açude Barra do Juá é a irrigação, onde foi demonstrado que essa parcela é a mais relevante hidricamente. No que se refere ao consumo animal, se destacaram os rebanhos caprino, bovino e ovino com médias de 46,60%, 24,61% e 17,25%, respectivamente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho de pesquisa teve como base o objetivo de projetar demandas atuais e futuras para atender o abastecimento humano, animal e para irrigação no açude Barra do Juá em sua montante e jusante (Riacho do Navio), no município de Floresta, em Pernambuco.

Os valores obtidos para abastecimento humano foram 76.330,63 m³, 77.425,63 m³, 78.520,63 m³ e 79.615,63 m³ para os anos 2019, 2029, 2039 e 2049, respectivamente. No que se refere ao consumo destinado à dessedentação animal obtiveram-se 100.819,28 m³ para consumo atual (2019), 118.633,18 m³ no horizonte de curto prazo (2029), 144.627,82 m³ no horizonte de médio prazo (2039) e 174.116,24 m³ no horizonte de longo prazo (2049). Dentre as espécies de maior consumo hídrico estão: caprinos, bovinos e ovinos.

Os resultados conseguidos mostraram que o setor que mais demanda água é o da agricultura, com consumo 3.413.239,71 m³ em 2019, 3.910.760,81 m³ em 2029, 4.480.801,65 m³ em 2039 e 5.133.932,85 m³ em 2049, sendo as culturas de maior relevância milho e feijão-caupi. Ressaltou-se o objetivo principal do açude Barra do Juá, que é a irrigação, sendo comprovado que essa é a parcela mais relevante no quesito consumo de água.

O Projeto de Transposição do rio São Francisco e integração da sua bacia com as bacias do Nordeste Setentrional tem suma importância para a região semiárida nordestina, sendo considerada solução para abastecimento dessa região tão pobre hidricamente.

Ao fazer parte da Bacia do rio São Francisco, o açude Barra do Juá e o seu entorno tem um território beneficiário desse líquido do desenvolvimento, permitindo, ainda, a perenização do Riacho do Navio. Este acontecimento oportunizará o retorno da população a zona rural, a consolidação da agropecuária na região e a constante irrigação por todo percurso d'água, principalmente nas épocas do ano onde há escassez de chuvas.

A demanda de água apresentada nessa pesquisa pode auxiliar representantes públicos e usuários do açude Barra do Juá e do Riacho do Navio a melhor gerir ambiental, social e economicamente esses recursos, assim como buscar garantias das águas transpostas do rio São Francisco. Um exemplo de

melhor aproveitamento dessas águas seria a escolha de métodos de irrigação mais eficientes, diminuindo as perdas causadas por esse setor que tanto consome água.

Por outro lado, com maior disponibilidade de água e incentivos de organizações públicas e gestoras, os usuários estarão estimulados a fazer investimentos, aumentando a produtividade da região. Esse fato poderá gerar incertezas nos resultados obtidos para os cenários futuros.

Como sugestões de pesquisa para trabalhos posteriores, recomendam-se: realizar o preenchimento de falhas nos dados meteorológicos, sendo possível adquirir valores mais precisos de evapotranspiração das culturas agrícolas; inserir na demanda da irrigação culturas destinadas à pecuária; quantificar a disponibilidade e poder avaliar o balanço hídrico da região; e, após a implantação completa da Transposição do rio São Francisco, atualizar os dados de população, de rebanho e de irrigação na região para realizar novas projeções futuras.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 279 p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 56).
BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Atlas de obras prioritárias para a região semiárida: diagnóstico da oferta de água bruta e avaliação preliminar de alternativas técnicas no Estado de Pernambuco**. Brasília: ANA, SPR, 2005. 94p. Disponível em < www.dominiopublico.gov.br>. Acesso em 04 set. 2018.

ANA/COMAR. Agência Nacional de Águas/Coordenação de Marcos Regulatórios e Alocação de Água. **Alocação de Água – Reservatório Barra do Juá 2018/2019**. Disponível em <www.ana.gov.br>. Acesso em 20 nov. 2018.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Climas. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH/PE)**: Pernambuco. 2019. Disponível em: <www.apac.pe.gov.br>. Acesso em: 24 fev. 2019.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.

CASTRO, C. N. **Impactos do projeto de transposição do rio São Francisco na agricultura irrigada no Nordeste Setentrional**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2011.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Floresta, estado de Pernambuco, 2005, 33 p.

CONDEPE/BDE. AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO/BASE DE DADOS DO ESTADO. **Efetivo dos rebanhos no período de 2016**. Disponível em <www.bde.pe.gov.br>. Acesso em: 12 fev. 2019.

CONSU/BARRA DO JUÁ. Conselho de usuários do açude Barra do Juá. **Objetivos e expectativas do conselho de usuários com relação à Transposição do Rio São Francisco**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <erica.cooperapri@gmail.com> em 25 mar. 2019.

DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **História**. Disponível em <www.dnocs.gov.br>. Acesso em 16 abr. 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Diagnóstico Ambiental do Município de Floresta, Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2001. (Circular Técnica 10).

FERRAZ, J. S. F. **Usos e diversidade da vegetação lenhosa às margens do Riacho do Navio, no município de Floresta-PE**. Dissertação de Mestrado –

Universidade Federal Rural de Pernambuco. Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, 2004.

FREITAS, W. S.; RAMOS, M. M.; COSTA, S. L. Demanda de irrigação da cultura da banana na bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 343-349, jul./ago. 2008.

GONÇALVES, M. R. **Análise de Sustentabilidade Hídrica do Canal do Sertão**. 2018. 110f. Monografia em Engenharia Civil – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2018.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Plano Estadual de Recursos Hídricos – Documento Síntese**. Secretaria de Recursos Hídricos. Recife, 1999, 215p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**, 2000 e 2010. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 08 ago. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal**, no período 2002/2016. Disponível em <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 11 ago. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**, no período 2008/2017. Disponível em <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 10 ago. 2018.

INMET/SADMET. Instituto Nacional de Meteorologia/Seção de Armazenamento de Dados Meteorológicos. **Dados meteorológicos da estação meteorológica de Floresta-PE** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <ericasouzape@gmail.com> em 01 out. 2018.

INSA/SIGSAB. Instituto Nacional do Semiárido/Sistema de Gestão de Informação e do Conhecimento do Semiárido Brasileiro. **Nova delimitação expande semiárido até o Maranhão: 73 novos municípios forma incluídos**. Disponível em <www.portal.insa.gov.br> Acesso em 16 abr. 2019.

MARQUELLI, W. A.; COSTA, E. L.; SILVA, H. R. **Irrigação da cultura da cebola**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. 17 p. (Circular Técnica, 37).

MELO, B. V. **Gestão de recursos hídricos em reservatórios atendidos pelo projeto de integração do rio São Francisco**. In: Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (SBHSF), 2., Aracaju, 2018.

MELO, C. R. **Análise do eixo leste da transposição do Rio São Francisco face aos cenários de uso previstos**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, 2010.

MI – MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Informações sobre o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as bacias hidrográficas do Nordeste setentrional**. Disponível em: <www.integracao.gov.br>. Acesso em: 23 fev. 2019.

MIN. Ministério da Integração Nacional. 2000. **Projeto de Transposição das águas do rio São Francisco, Relatório Geral, TOMO I, TOMO II; Análise Prospectiva da Irrigação, TOMO 2b**. VBA Consultores.

MIRANDA, F. R.; GOMES, A. R. M. **Manejo da irrigação do coqueiro-Agroindústria Tropical**, 2006. 8 p. (Circular Técnica anão. Fortaleza: Embrapa, 25).

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: MMA, 2006.

NETTO, O. M. C. **Aspectos institucionais dos recursos hídricos no Nordeste**. In: SAWYER, D. Disponibilidade de água e fruticultura irrigada no Nordeste. Brasília: ISPN, 2001.

OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; ALMEIDA, A. C. Determinação da evapotranspiração e dos coeficientes de cultura para as diferentes fases de desenvolvimento do melão (*Cucumis melo* L.) na região norte da Bahia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 2, p. 142-151, abr./jun. 2010.

PEREIRA, E. R.; PATERNIANI, J. E. S.; DEMARCHI, J. J. A. A. A importância da qualidade da água de dessedentação animal. **Revista BioEng**, Campinas, v. 3 n. 3, p.227-235, Set/Dez, 2009. Disponível em <seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/download/40/41>. Acesso em 15 ago. 2018.

PERH/PE - Plano Estadual de Recursos Hídricos. 1998. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Diretoria de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Recife – PE.

PMF. PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORESTA. **Cadastro de usuários e animais à montante e jusante da Barragem do Juá**. Floresta: PMF, 2018.

RAMOS, M. M.; PRUSKI, F. F. **Quantificação e análise da eficiência do uso da água pelo setor agrícola na Bacia do São Francisco**. Viçosa: UFV, 2003. 58 p. Disponível em: <www.cbhsaofrancisco.org.br>. Acesso em: 31 jan. 2019.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2ª ed – Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p.

SILVA, E. A. et al. Dinâmica do uso e cobertura da terra do município de Floresta, PE. **Revista FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 43, n. 4, p. 611 – 620, Out/Dez, 2013. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/273718685_DINAMICA_DO_USO_E_COBERTURA_DA_TERRA_DO_MUNICIPIO_DE_FLORESTA_PE/download> Acesso em 16 abr. 2019.

SILVA, J. B. C. et al. **Cultivo do tomate para industrialização: irrigação**. 2003. Disponível em: <www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 4 fev. 2019.

SILVA, R. R. et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura para melancia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 6, p. 392-399, nov./dez. 2015.

SILVA, S. R.; FREIRE, P. K. C.; BARBOSA, D. L.; WANDERLEY, S. F. S. **A gestão de recursos hídricos no estado de Pernambuco**. 2004.

SOUZA, L. S. B. et al. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivo e consorciado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 151-160, out./dez. 2015.

STOLF, R.; PIEDADE, S. M. S.; SILVA, J. R.; SILVA, L. C. F.; MANIERO, M. A. Water transfer from São Francisco river to semiarid northeast of Brazil: technical data, environmental impacts, survey of opinion about the amount to be transferred. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 998-1010, 2012.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste - PLIRHINE**. 1980.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a "visão mundial da água". **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 31-43, 2000.

TUNDISI, J. G. **Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos**. **Revista USP**, São Paulo, n. 70, p. 24-35, 2006.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 3a ed, 2005. 452 p.

YASSUDA, E. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p 5-18, 1993.

APÊNDICE – Gráficos relativos às projeções populacionais.

Figura A. Gráficos das projeções e comparação entre elas para população.

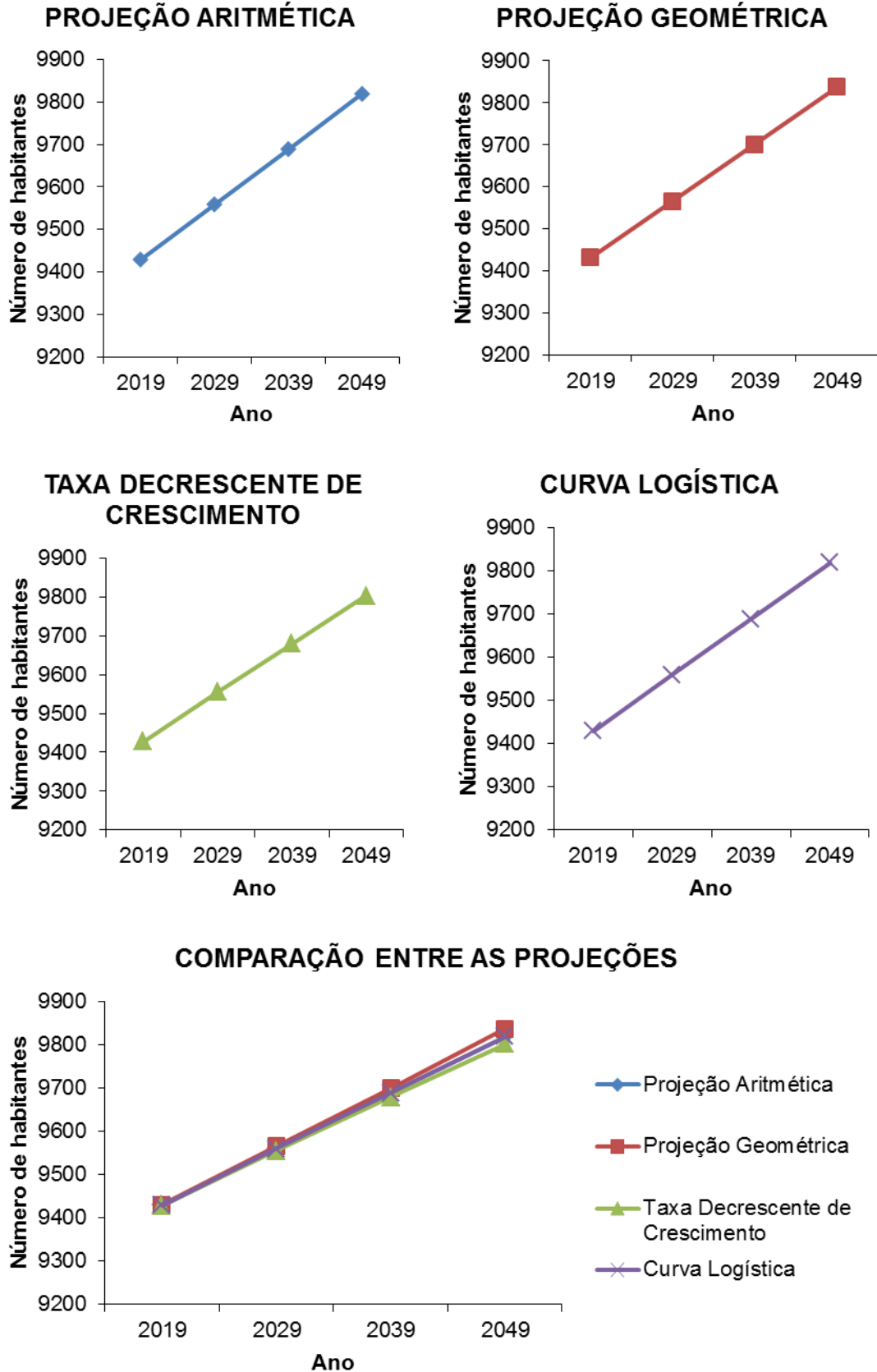


Figura B. Gráficos das projeções e comparação entre elas para rebanho bovino.

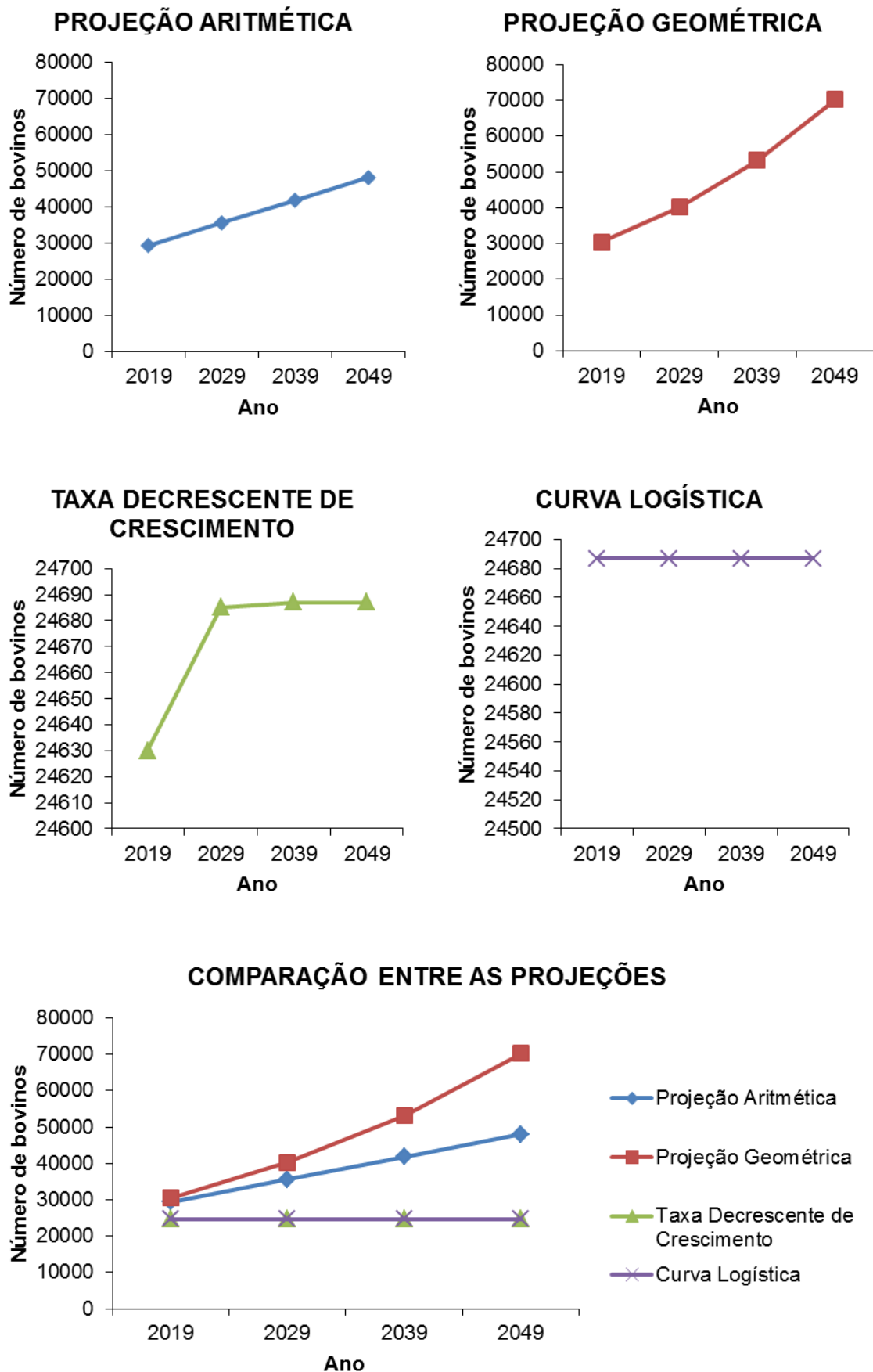


Figura C. Gráficos das projeções e comparação entre elas para rebanho suíno.

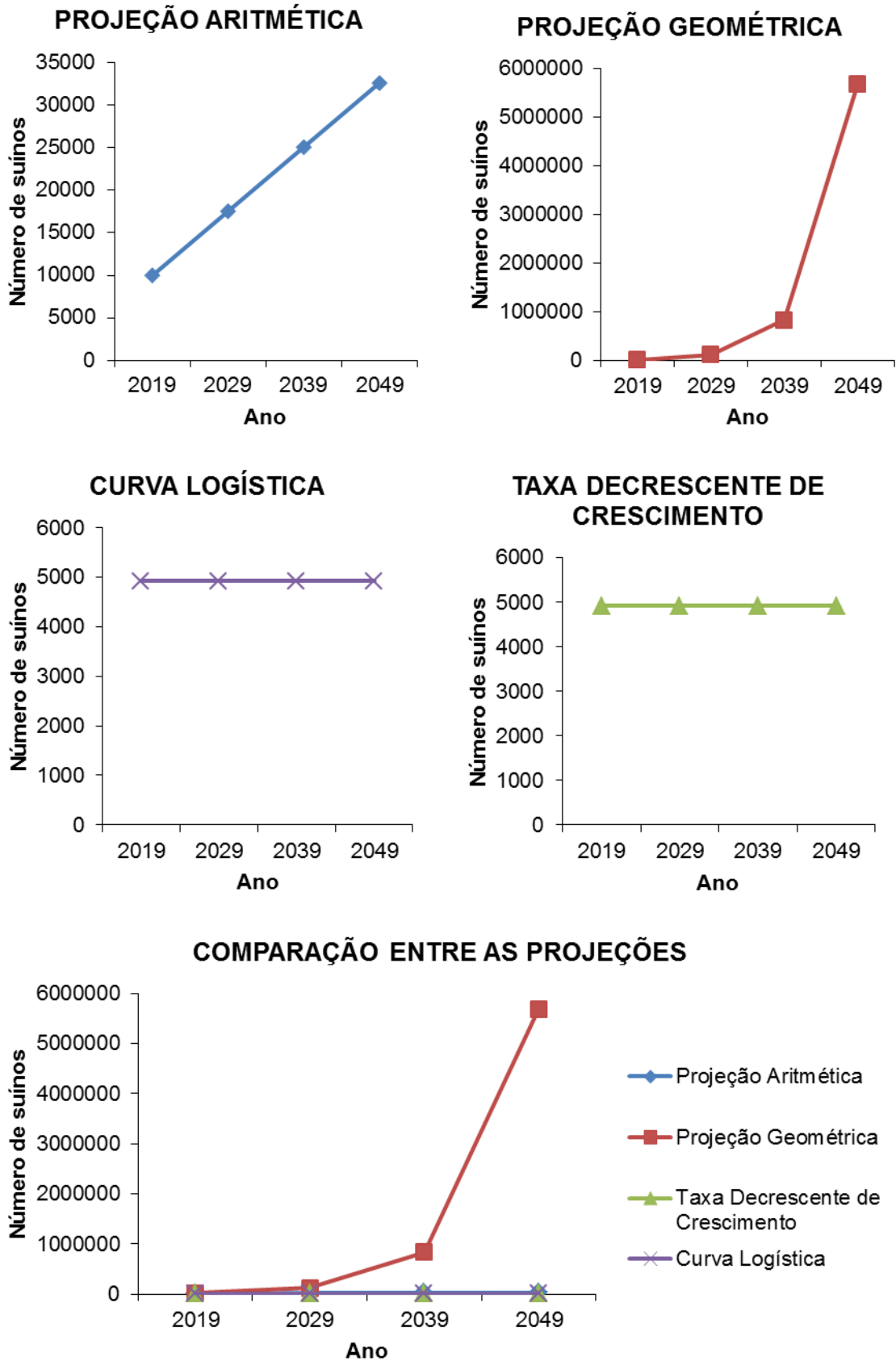


Figura D. Gráficos das projeções e comparação entre elas para rebanho ovino.

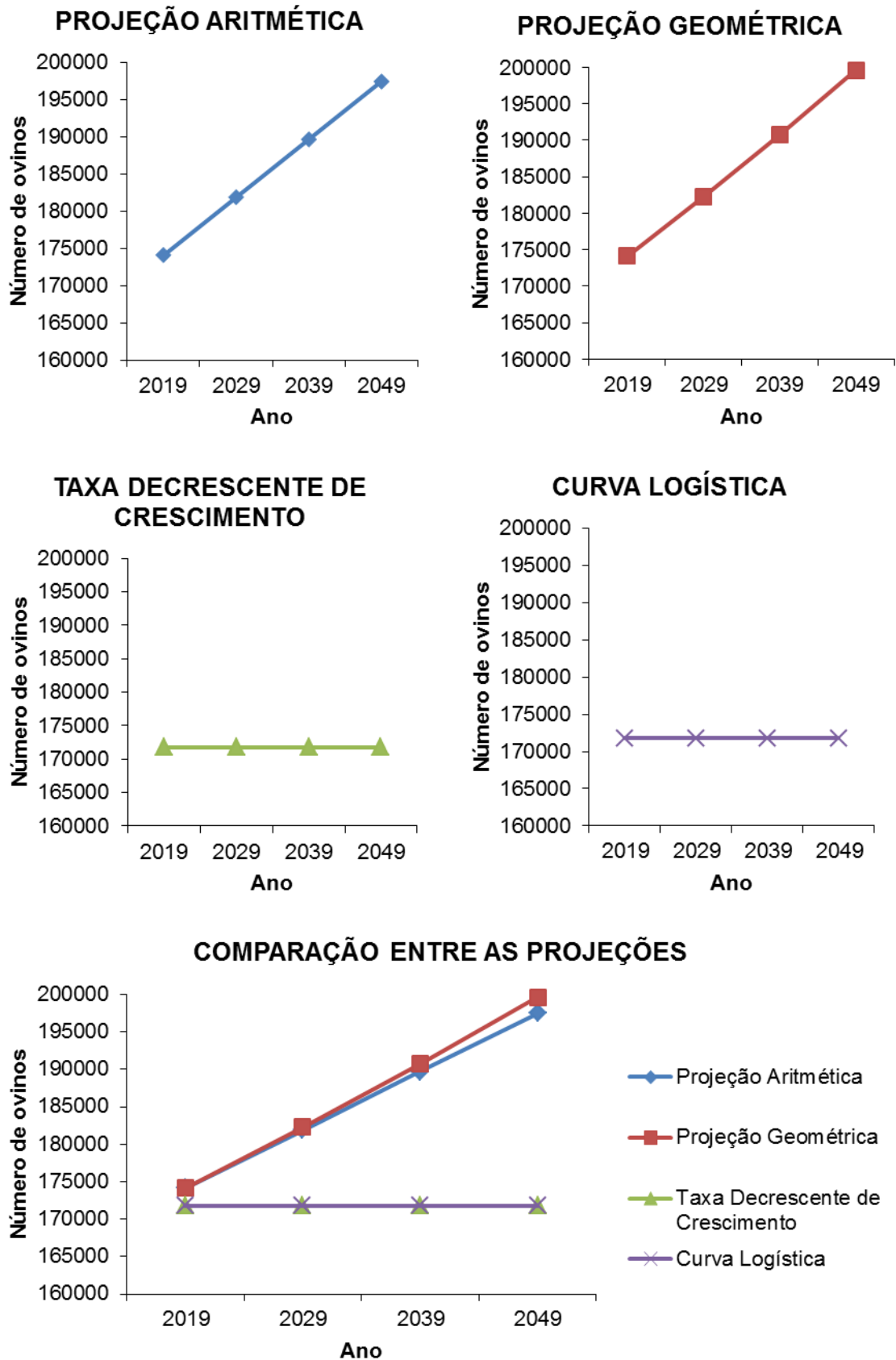


Figura E. Gráficos das projeções e comparação entre elas para rebanho caprino.

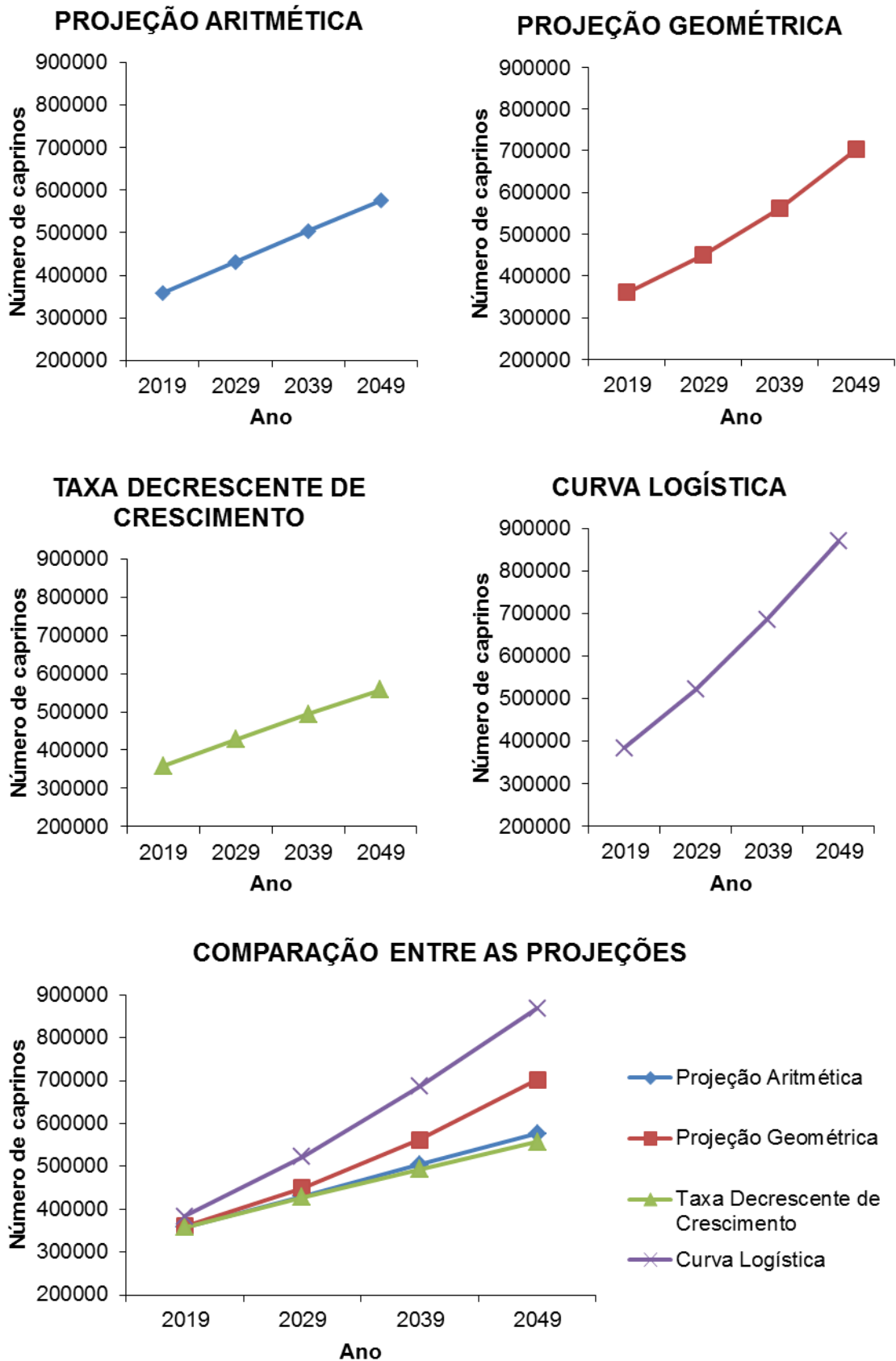


Figura F. Gráficos das projeções e comparação entre elas para rebanho equino.

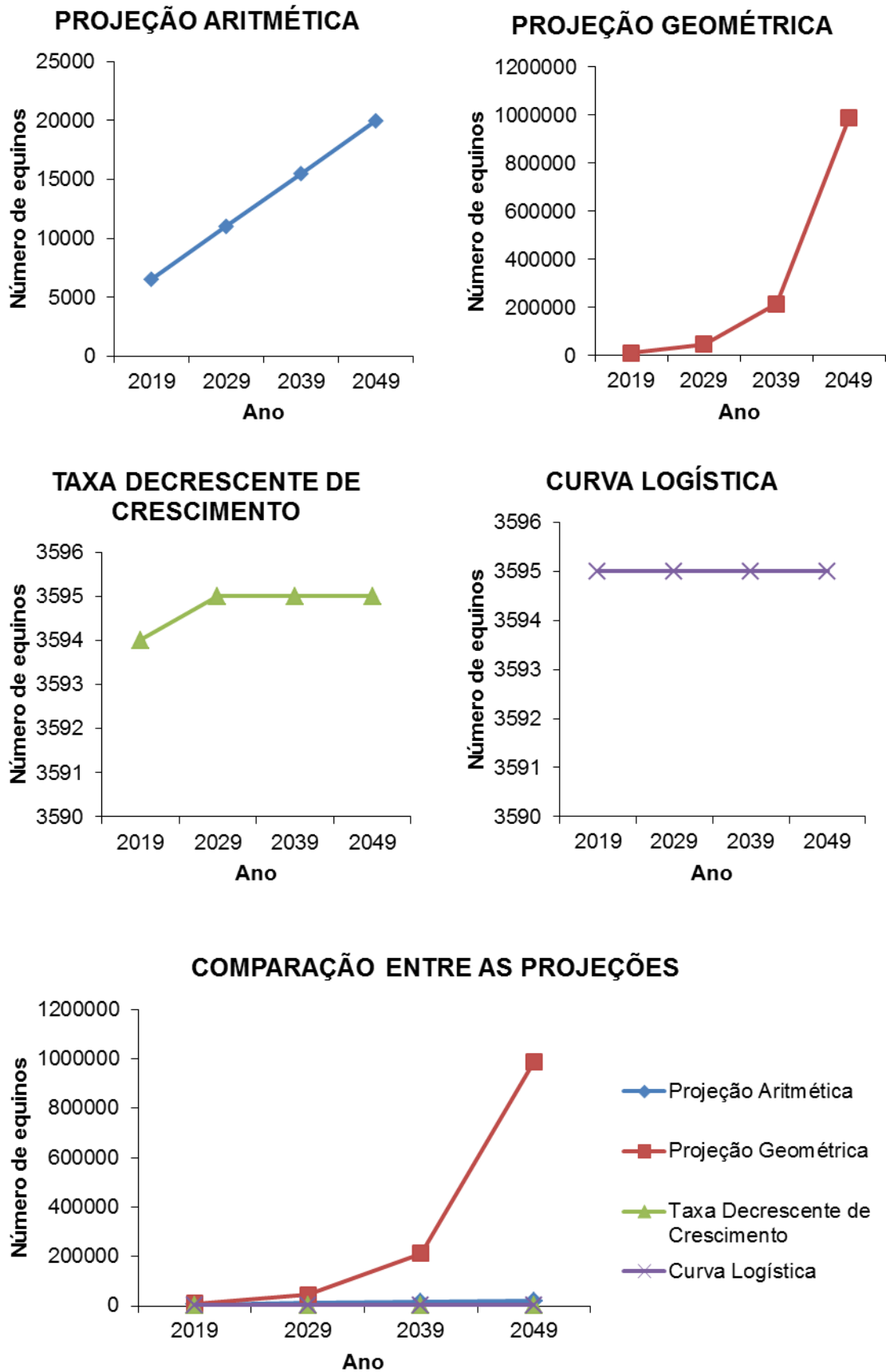


Figura G. Gráficos das projeções e comparação entre elas para rebanho mar.

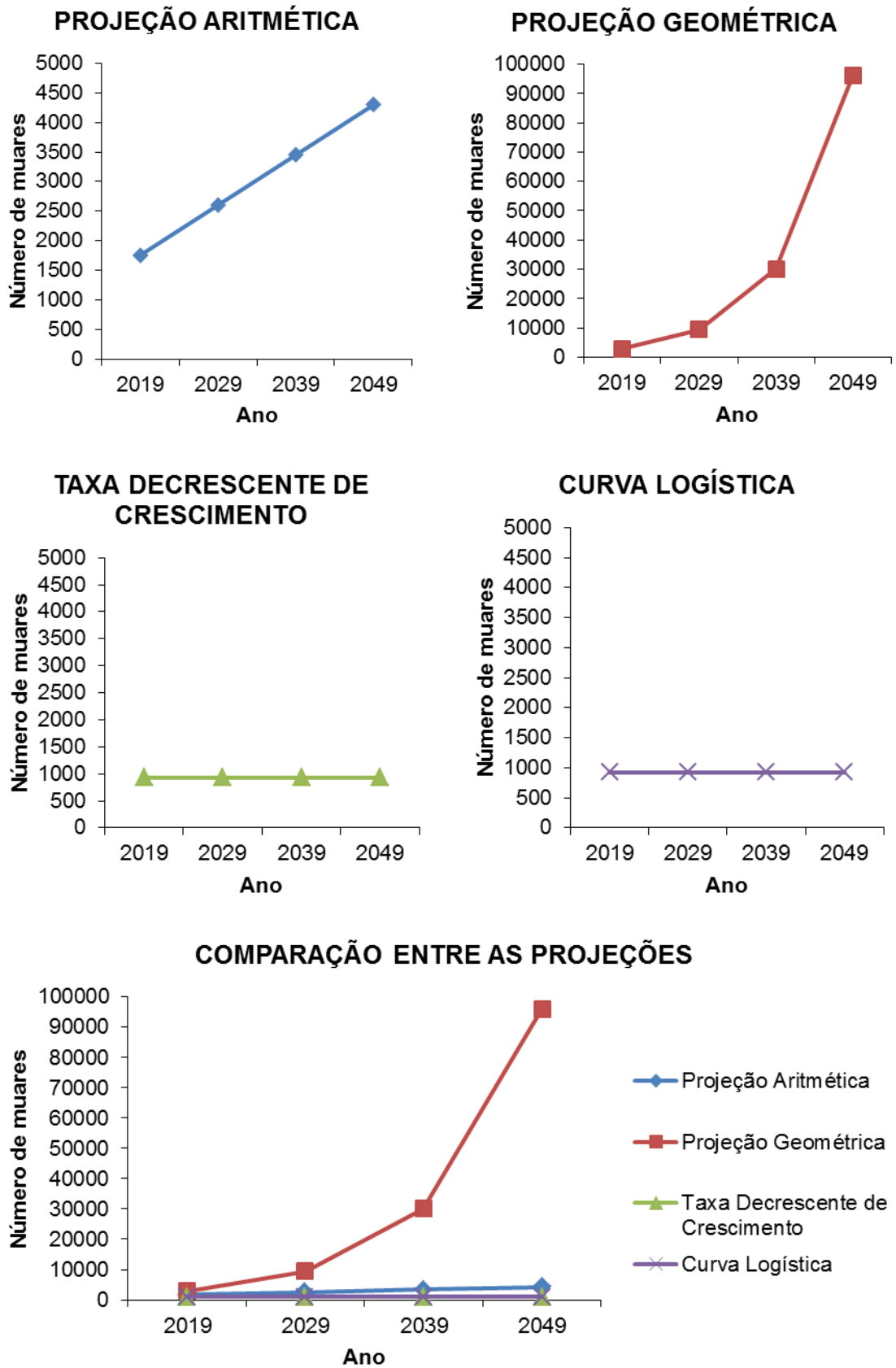


Figura H. Gráficos das projeções e comparação entre elas para rebanho galináceo.

