



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA DO  
DIAGNÓSTICO ENTRE OFERTA E DEMANDA HÍDRICA NA  
BACIA DO RIO GRAMAME - PB**

**CIBELLE MARA REZENDE FELINTO**

**POMBAL – PB**

**2013**

**CIBELLE MARA REZENDE FELINTO**

**GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA DO  
DIAGNÓSTICO ENTRE OFERTA E DEMANDA HÍDRICA NA  
BACIA DO RIO GRAMAME - PB**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dra. Érica Cristine Medeiros Nobre Machado**

**Co-Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dra. Rosinete Batista dos Santos**

POMBAL – PB

ABRIL de 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

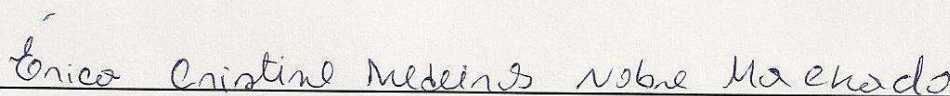
- F315g Felinto, Cibelle Mara Rezende.  
Geoprocessamento como ferramenta do diagnóstico entre oferta e demanda hídrica na Bacia do Rio Gramame - PB / Cibelle Mara Rezende Felinto. – Pombal, 2013.  
36 f. : il. color.
- Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2013.
- "Orientação: Profa. Dra. Érica Cristine Medeiros Nobre Machado, Profa. Dra. Rosinete Batista dos Santos".
- Referências.
1. Conflitos Hídricos. 2. Gestão da Demanda de Água. 3. Geotecnologias. 4. Bacia do Rio Gramame - PB. I. Machado, Érica Cristine Medeiros Nobre. II. Santos, Rosinete Batista dos III. Título.
- CDU 556.18(043)

**CIBELLE MARA REZENDE FELINTO**

**GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA DO  
DIAGNÓSTICO ENTRE OFERTA E DEMANDA HÍDRICA NA  
BACIA DO RIO GRAMAME - PB**

Monografia aprovada em 26 de Abril de 2013

BANCA EXAMINADORA



Prof<sup>ª</sup>. Dra. Érica Cristine M. N. Machado (UFCG)

Orientadora



Prof. Dr. Camilo Allyson S. Farias (UFCG)

Examinador Interno



Prof<sup>ª</sup> MSc. Susana Cristina Batista Lucena (IFPB)

Examinadora Externa

POMBAL – PB

2013

*Dedico este trabalho ao meu filho João Pedro, ao meu esposo João Paulo e aos meus pais Fátima e Carlos, por todo apoio, estímulo e paciência.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me proporcionado a oportunidade e as condições necessárias para realizar esse sonho.

À minha família, por todo o apoio e confiança. Ao meu pai, Carlos por ter me mostrado que a paciência é um dom de Deus. À minha mãe, Fátima, por ter me ensinado o que é força e perseverança e por sempre acreditar em mim; Ao meu esposo, João Paulo, pela compreensão e companheirismo; Ao meu filho João Pedro por toda a paciência e a minha irmã Carla, de quem não poderia esquecer, por todo o suporte dado.

À minha orientadora a professora Dr<sup>a</sup>. Érica Cristine Medeiros Nobre Machado pelo estímulo, pela amizade, orientação integral e segurança, me deixando cada vez mais próxima dessa realização.

À minha co-orientadora a professora Dr<sup>a</sup>. Rosinete Batista dos Santos pelo apoio, e orientações significativas para a conclusão desse trabalho.

A todos os professores e funcionários da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental (UACTA) do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) que contribuíram para a minha formação profissional e abriram todas as portas possíveis para viabilizar e tornar concreto esse projeto.

À Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, por ter fornecido dados necessários para a realização desse trabalho.

Aos meus colegas da turma 2008.1 do curso de Engenharia ambiental, em especial Karla Pereira, Wellington Formiga e Jussamara Rodrigues, por todo o carinho e parceria.

Obrigada!

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Bacia Hidrográfica do rio Gramame .....  | 12 |
| Figura 2 - Disposição dos pontos estratégicos definidos pelo PDRH na Bacia do rio Gramame .....                   | 16 |
| Figura 3 - Pontos de referência adotados .....  | 17 |
| Figura 4 - Postos pluviométricos e definição dos polígonos de Thiessen na Bacia Hidrográfica do rio Gramame ..... | 23 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Demandas atuais e projetadas da Bacia do rio Gramame (m <sup>3</sup> /ano) .....                     | 14 |
| Tabela 2 - Pontos estratégicos definidos pelo PDRH na Bacia do rio Gramame .....                                | 15 |
| Tabela 3 - Descrição e caracterização dos pontos de referências adotados .....                                  | 17 |
| Tabela 4 - Vazão de referência e vazão outorgável em cada ponto de referência....                               | 19 |
| Tabela 5 - Vazão média histórica em cada ponto de referência.....   | 21 |
| Tabela 6 - Dados dos postos pluviométricos.....   | 22 |
| Tabela 7 - Séries históricas de precipitação média na Bacia do rio Gramame .....                                | 22 |
| Tabela 8 - Vazão de referência e vazão outorgável em cada ponto de referência<br>(valores não acumulados) ..... | 26 |



## SUMÁRIO

|   |      |
|---|------|
| LISTA DE FIGURAS .....  | V    |
| LISTA DE TABELAS .....  | VI   |
| RESUMO.....   | VIII |
| ABSTRACT .....  | IX   |
| 1 INTRODUÇÃO .....  | 1    |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....  | 4    |
| 2.1 Política Nacional dos Recursos Hídricos .....                   | 4    |
| 2.2 Gestão dos Recursos Hídricos.....                               | 6    |
| 2.3 Conflitos em Recursos Hídricos .....                            | 8    |
| 2.4 Uso do geoprocessamento na gestão de bacias hidrográficas ..... | 10   |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS.....  | 12   |
| 3.1 Localização e caracterização da área de estudo .....            | 12   |
| 3.2 Estimativa da demanda.....                                      | 16   |
| 3.3 Estimativa da oferta .....                                      | 18   |
| 3.4 Confronto entre a demanda e a oferta .....                      | 20   |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....                                     | 24   |
| 4.1 Caracterização da Demanda .....                                 | 24   |
| 4.2 Caracterização da Oferta .....                                  | 26   |
| 4.3 Caracterização do confronto entre a oferta e a demanda .....    | 27   |
| 5 CONCLUSÕES .....  | 30   |
| REFERÊNCIAS.....  | 32   |
| APÊNDICE .....  | 36   |

## RESUMO

O Brasil embora privilegiado com 14% do deflúvio superficial mundial, não foge do problema de escassez hídrica, pois essa água é mal distribuída no país, e essa má distribuição aliada às restrições de uso desse recurso podem provocar vários conflitos entre os múltiplos usuários das bacias hidrográficas. O presente trabalho teve como objetivo realizar o diagnóstico atual da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Gramame, utilizando ferramentas de geoprocessamento no confronto entre a oferta e a demanda de água na bacia. A metodologia adotada consistiu na consolidação e análise de dados da demanda atual de oferta de água na bacia hidrográfica e no diagnóstico entre a demanda e oferta hídrica na bacia considerando os atuais critérios legais de determinação da vazão outorgável e cenários de previsão de vazão. Foi utilizado o *software* livre gvSIG na apresentação e espacialização das análises efetuadas. Como resultados, foram identificados os principais usos e usuários da bacia, bem como os principais trechos susceptíveis ao surgimento de conflitos.

**Palavras-chave:** Conflitos Hídricos; Gestão da Demanda de Água; Geotecnologias

## **ABSTRACT**

Brazil has 14% of the world surface runoff, but does not escape of the problem of water scarcity, because this water is unevenly distributed in the country, and this combined with the distribution and legal restrictions may cause various conflicts between multiple users. This work aimed to make the diagnosis of current water availability in river basin using geoprocessing tools in the balance between water Gramame supply and demand. The methodology consisted in the consolidation and analysis of current demand for water supply in the watershed and in the diagnosis between water demand and supply in the basin considering the current legal criteria and scenarios of forecasting flow. It was used the free software gvSIG for presentation and spatialization of the performed analyses. As a result, we identified the major uses and users of the basin, as well as the main parts susceptible to the emergence of conflicts.

**Keywords:** Water Conflicts; Management of Water Demand; Geotechnology

# 1 INTRODUÇÃO

A água é um líquido incolor e transparente, insípido e inodoro, composto principalmente de hidrogênio e oxigênio. A sua quantidade existente no planeta é constante, apresentando assim um ciclo global considerado fechado (INFOPÉDIA, 2013). Essa água ocupa, aproximadamente 75% da superfície da Terra e é considerada um solvente universal da maioria das substâncias, modificando-as e modificando-se em função destas (LIBÂNIO, 2010).

O volume total de água estimado no planeta é de aproximadamente 1,38 bilhão de km<sup>3</sup>, dos quais 97,5% corresponde às águas salgadas e apenas 2,5% é de água doce. Porém, aproximadamente 68,7% da água doce está sob a forma de gelo e neve na Antártica, no Ártico e nas regiões montanhosas. Do restante, cerca de 29,9% da água doce disponível no planeta, é de águas subterrâneas e apenas 0,26% aproximadamente do total de água doce, está concentrado nos lagos, rios e outros reservatórios de fácil acesso para a humanidade (SHIKLOMANOV, 1998 *apud* ALEMAR, 2006).

Como somente uma parte muito pequena do volume total de água do planeta está disponível para uso imediato, devemos nos preocupar com o aumento exponencial da população e com o crescimento avassalador das atividades agropastoris, industriais e comerciais. Pois, a quantidade de água potável *per capita* disponível tende a ser cada vez menor, considerando-se constante o seu volume absoluto (ALEMAR, 2006).

Estima-se que, em menos de vinte e cinco anos, dois terços da população global estarão vivendo em países com estresse hídrico, ocasionado por esse crescimento exponencial da população e atividade que demandam muito deste recurso. Para 2020, espera-se que o uso da água aumente em 40% e que será necessário um adicional de 17% de água para a produção de alimentos, a fim de satisfazer as necessidades da população em crescimento (PNUMA, 2004 *apud* ALEMAR, 2006).

A quantidade de água potável disponível no planeta tende à escassez na mesma medida que se aumenta a procura, seja ela decorrente do aumento populacional ou seja em função do crescimento econômico (ALEMAR, 2006). Para o mesmo autor, a água pode ser um elemento de união entre os povos, mas também

pode conduzi-los às armas. Sendo que um rio pode levar alimentos e vida para um país faminto, como também pode levar destruição e morte. Tudo vai depender do modo como os estados se organizam interna e externamente para a gestão dos seus recursos hídricos, que muitas vezes, são compartilhados por mais de dois países.

O Brasil, embora privilegiado com 13,8% do deflúvio mundial (parcela das águas que escoam pelos rios), não foge do problema de escassez hídrica, pois essa água é irregularmente distribuída, em geral numa circunstância inversamente proporcional à concentração demográfica. Ou seja, enquanto cerca de 70% deste volume está localizado na região amazônica, que abriga apenas 7% da população brasileira, a região Nordeste do Brasil e os grandes centros urbanos (como Rio de Janeiro e São Paulo) registram escassez de água, absoluta e relativa (MACHADO e TORRES, 2012). Essa má distribuição aliada as restrições de uso desse recurso podem provocar vários conflitos entre os seus múltiplos usuários. A baixa disponibilidade hídrica no Nordeste, por exemplo, torna mais relevante as atividades de planejamento e gestão dos recursos hídricos, com vistas a diminuir riscos de eventos hidrológicos críticos e prevenir a geração de mais conflitos.

Contudo, não é uma tarefa fácil garantir acesso à água de boa qualidade e quantidade suficiente para todos os usuários de uma bacia hidrográfica, pois esta tarefa envolve muitas variáveis, como a necessidade de ampliação constante da infraestrutura de abastecimento e os conflitos existentes e potenciais entre os usuários da bacia. Logo, é necessário conhecer a situação atual da bacia antes de buscar alternativas que otimizem a sua utilização e com isso alcançar o equilíbrio entre a oferta e a demanda de água da bacia.

Neste diagnóstico, bem como em outras atividades de gerenciamento de recursos hídricos, o geoprocessamento pode ser utilizado como uma ferramenta que apresenta uma maior precisão aos mapeamentos e à análise espacial devido à sua capacidade de armazenamento e análise de informações. Silva e Monteiro (2004), por exemplo, destacam a importância dos sistemas computacionais no apoio à gestão dos recursos hídricos, pois estes possibilitam avanços significativos no entendimento do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica e das alterações provocadas por fatores naturais e antrópicos, auxiliando também na solução de conflitos atuais ou potenciais.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo geral, realizar o diagnóstico atual da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Gramame utilizando ferramentas de geoprocessamento no confronto entre a oferta e a demanda de água na bacia. A bacia hidrográfica do rio Gramame vivenciou problemas relacionados com conflitos de usos da água durante os anos de 1998 e 1999 devido à pouca disponibilidade hídrica na região, onde estes conflitos foram caracterizados entre a demanda requisitada para irrigação e a exportação de água para cidades localizadas além dos limites geográficos da bacia especificamente as cidades de Bayeux, Cabedelo e a maior parte de João Pessoa (SANTOS, 2009). Tais conflitos foram apontados no plano diretor da bacia hidrográfica, no ano de 2000 (SEMARH, 2000), e persistem até os dias atuais.

Os objetivos específicos desta pesquisa consistiram:

- na coleta, consolidação e análise de dados da demanda atual de água na bacia hidrográfica do rio Gramame;
- na coleta, consolidação e análise de dados de oferta de água na bacia hidrográfica do rio Gramame;
- na utilização do geoprocessamento para confrontar e espacializar os dados de oferta e demanda, de modo a caracterizar a intensidade e a disposição dos conflitos existentes pelo uso da água.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Política Nacional dos Recursos Hídricos

A Lei Nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Em seu Capítulo I, são apresentados os fundamentos: a água é um bem de domínio público; um recurso natural limitado dotado de valor econômico; em situações de escassez, o uso prioritário desses recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do SINGREH; e a Gestão dos Recursos Hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

A unidade territorial para implementação da PNRH, a bacia hidrográfica, pode ser definida, de acordo com Barrella *et al.* (2001 *apud* Teodoro *et al.* 2007), como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, sendo formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas ou escoam superficialmente (formando os riachos e rios), ou infiltram no solo (para formação de nascentes e do lençol freático) e na qual toda a vazão efluente é descarregada através de uma saída simples denominada exutório, desaguando em outro curso d'água ou em um reservatório, baía, lago ou oceano.

Este mesmo princípio de gestão por bacia hidrográfica adotado no Brasil é citado no Art.11, da Carta Européia da Água: “a Gestão dos Recursos Hídricos devem inserir-se no âmbito da bacia hidrográfica natural e não no das fronteiras administrativas e políticas”. Portanto, as bacias são consideradas indivisíveis e deve contemplar uma série de usos segundo uma perspectiva de gestão territorial e integrada, sendo que os limites da bacia não se confundem com as fronteiras administrativas dos entes federados (CAROLO, 2007).

A PNRH também institui em seu Art. 39 a figura dos Comitês de Bacia Hidrográfica, os quais têm como unidade de atuação uma bacia hidrográfica ou uma sub-bacia e são compostos por representantes da União, dos Estados e do Distrito Federal, dos Municípios situados, no todo ou em parte, em sua área de atuação; dos usuários das águas de sua área de atuação; das entidades civis de recursos hídricos

com atuação comprovada na bacia. Estes integrantes, em conjunto, são responsáveis pelo gerenciamento dos recursos hídricos das bacias hidrográficas sob sua responsabilidade.

Segundo Fernandes (2002), estes comitês devem coletar dados sobre a água, seus usos e sua disponibilidade de acordo com cada região, pois isso lhe permite conhecer melhor o regime hídrico de cada bacia, podendo prever épocas de cheias, enchentes e estiagens, proporcionando informações para adotar uma melhor estratégia, diminuindo também assim, os custos relacionados a desastres ambientais. Além disso, para a autora, um fator importante a ser considerado pelos comitês é a busca por novas tecnologias para captar, conservar, transportar, e reciclar os recursos hídricos, de modo a melhorar o seu aproveitamento.

Os objetivos da PNRH estão definidos em seu capítulo II Art. 2º, os quais são: Assegurar a sustentabilidade do recurso hídrico para as gerações futuras e as atuais; Garantir a qualidade da água; e Propor um uso racional do recurso, visando o desenvolvimento sustentável.

Para alcançar esses objetivos, tal política instituiu alguns instrumentos, descrito no seu capítulo IV, a saber: Planos de Recursos Hídricos; enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; cobrança pelo uso de recursos hídricos; e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os Planos de Recursos Hídricos são utilizados como base para orientar a implementação da PNRH. São de longo prazo e são elaborados para cada bacia hidrográfica de acordo com as suas necessidades. Devem constar nestes planos: as projeções futuras de demanda e de oferta de água para identificação de conflitos; as análises de crescimento demográfico e de ocupação do solo para avaliar como esses fatores estão afetando a bacia estudada; as metas de como usar a água de forma mais racional; os projetos e os programas que serão feitos para atingir essas metas; além dos métodos a serem utilizados para a cobrança do uso da água (FERNANDES, 2002).

Apesar de a água ser um bem público inalienável, ela é passível de utilização por meio do instrumento da outorga de direito de uso, que foi expedida pelo órgão competente. Para Carolo (2007), a outorga de direito de uso da água é uma autorização, mediante a qual o Poder Público outorgante faculta ao outorgado o uso



da água, por prazo determinado, nos termos e condições expressas no respectivo ato. Em outras palavras, a outorga é um dos instrumentos de comando e controle da PNRH e tem como objetivo controlar a qualidade e a quantidade da água dentro de uma bacia para que nesta seja mantido o uso múltiplo do recurso (FERNANDES, 2002).

Contudo, Carolo (2007) ressalta que as outorgas em quaisquer bacias, apenas podem se tornar um instrumento para desenvolvimento sustentável se: forem implementadas no contexto do sistema de retroalimentação dos instrumentos de gestão a conexão entre os setores dos usuários com o setor hídrico, preservando os usos múltiplos e a indissociabilidade da quantidade e da qualidade da água; e, se possuir a existência de uma fiscalização eficaz sobre os usos outorgados.

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos tem como principais objetivos estimular o uso racional da água; mostrar ao usuário o seu real valor; e obter os recursos financeiros necessários para financiar os projetos definidos nos planos de recursos hídricos. De acordo com PNRH em seu capítulo III Art. 12, estão sujeitos à cobrança: a captação de água para uso final, o abastecimento público ou como insumo no processo produtivo, o lançamento de resíduos e esgotos, o aproveitamento de potencial hidrelétrico, entre outros.

A cada uso outorgável da água, corresponde à incidência da cobrança pelo seu uso, ou seja, segundo Carolo (2007), observa-se uma integração entre um instrumento econômico que é a cobrança pelo uso da água e um instrumento de regulamentação (ou comando e controle) que é a outorga na gestão de recursos hídricos no Brasil. Selborne (2002) acrescenta ainda que a política de preços utilizada no instrumento de cobrança deve envolver e levar em conta os interesses da comunidade em questão, procurando obedecer aos limites hídricos naturais e não os limites administrativos.

## 2.2 Gestão dos Recursos Hídricos

A Gestão dos Recursos Hídricos visa principalmente minimizar o problema do mau uso e da escassez de água. Tal gestão se torna complexa principalmente pela interação dos recursos hídricos com os demais componentes do meio ambiente, principalmente, em relação à ocupação do uso do solo: uso urbano, como lançamento de esgoto, deposição do lixo, captação para abastecimento e

impermeabilização do solo; o uso industrial, como lançamentos de poluentes e captações; uso rural, como irrigação, carreamento de sedimentos, erosão de encostas e assoreamento dos cursos de água; os aproveitamentos minerais, dentre outros (LEAL, 1998).

Ou seja, pode-se afirmar que os problemas em recursos hídricos não devem ser tratados de forma isolada e dissociadas das questões globais do meio ambiente e as políticas de gestão da água devem ser articuladas e integradas com as políticas ambientais que tratam dos demais recursos ambientais (PEIXINHO, 2010).

O sistema de gestão das águas engloba organismos, agências e instituições governamentais, como o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a Agência Nacional de Águas (ANA), os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, os Comitês de Bacia Hidrográfica, os órgãos dos poderes públicos federal, estadual, do Distrito Federal e municipal cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos e as Agências de Águas. Este sistema tem como objetivos, dentre outros: coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar, no âmbito administrativo, os conflitos relacionados com os recursos hídricos; e planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos (CAROLO, 2007).

Para Tucci (2000), a complexidade dos sistemas hídricos cresceu devido à diminuição da disponibilidade de água pela deterioração da sua qualidade. Essa complexidade acaba refletindo em uma maior dificuldade no gerenciamento desses recursos, e tende a proporcionar situações propensas a conflitos.

Derani (2001) ressalta a importância do gerenciamento integrado dos recursos hídricos, o que requer não apenas o uso sustentável das águas superficiais e subterrâneas, mas também o desenvolvimento de novas técnicas de apropriação e reaproveitamento das águas impróprias para o consumo humano ou animal. Segundo a autora, esse uso sustentável implica dizer que o desenvolvimento econômico da sociedade está ajustado “numa correlação de valores onde o máximo econômico reflita igualmente um máximo ecológico”.

Cai *et al.* (2001) também apontam esta integração entre os aspectos técnicos, econômicos, ambientais, sociais e legais no gerenciamento das bacias como uma forma de gerar um desenvolvimento sustentável desse recurso. Para Tucci (2000) tal desenvolvimento só é possível a partir do entendimento da palavra

sustentabilidade e o entendimento dessa palavra está no aprimoramento de ações que permitam utilizar o espaço da bacia e do sistema aquático sem comprometer a sociedade e o ecossistema.

De acordo com o Relatório Brundtland conceitualmente, desenvolvimento sustentável “é o desenvolvimento capaz de garantir as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas necessidades”. Ou seja, este é um dos princípios que envolvem a definição das diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos (CAROLO, 2007). Logo, devem-se implantar ações referentes ao desenvolvimento sustentável nas bacias hidrográficas, para que estas possam atender as necessidades hídricas da sua população, sem destruir os ecossistemas do qual dependem, ou as perspectivas das gerações futuras (POSTEL e VICKERS, 2004).

Contudo, no Brasil, segundo Leis (2002), o desenvolvimento sustentável continua sendo tratado de maneira quase que exclusivamente técnica e burocrática, o que pode causar conflitos e/ou agravar os conflitos existentes.

### 2.3 Conflitos em Recursos Hídricos

Conflito é qualquer desencontro de vontades, qualquer divergência de opiniões ou objetivos (ALEMAR, 2006). De maneira simplificada, conflitos hídricos são definidos como situações em que não sejam atendidas as demandas da sociedade, essenciais ao aproveitamento e/ou controle dos recursos hídricos (SUDENE, 1980).

Prováveis conflitos em recursos hídricos podem ocorrer devido: ao regime de domínio do uso da água; ao aproveitamento e nível de contaminação hídrica; à elevada escassez, abaixo dos limites suportáveis pelo ser humano ou meio ambiente; e, à carência de instituições jurídicas e políticas (ALEMAR, 2006).

Geralmente os conflitos pelo uso da água ocorrem quando a demanda é maior que a oferta da água, resultado da intensificação do desenvolvimento econômico, do aumento populacional, da elevação das taxas de consumo de produtos que utilizam recursos naturais e do crescimento desordenado de centros urbanos (CAROLO, 2007).

Contudo, nem todos os conflitos em recursos hídricos são causados diretamente pela escassez do recurso natural, o que caracterizaria o conflito como

de **primeira ordem**, ou seja, aqueles originados da competição por um recurso natural escasso que seja necessário à sobrevivência, causado pela ausência ou inadequação de normas e regulamentos que auxiliem no gerenciamento dessa escassez. Há também os conflitos de **segunda ordem**, os quais não são causados diretamente pela escassez do recurso natural, mas, indiretamente, pela introdução inadequada ou incorreta ou pela falta de qualidade suficiente do tipo de medidas de gerenciamento tomadas para resolver esse problema de escassez (OHLSSON, 1999 apud VIEIRA, 2008).

Também é possível identificar os conflitos originados devido à reflexos de mudanças ambientais, classificados como (HOMER-DIXON, 1991 *apud* VIEIRA, 2008): **conflito de escassez simples**: que se originam diretamente da competição por um recurso natural escasso, em função de dois fatores: se o recurso que encontra-se escasso é essencial à sobrevivência, e se este recurso pode ser fisicamente tomado ou controlado; **conflito de identidade**: que aparecem quando vários grupos com características distintas como etnias e/ou culturas, estão sob condições de escassez e estresse de um recurso que seja essencial à sua sobrevivência, eles procuram ressaltar a sua própria identidade como uma forma de adicionar ao grupo, hostilizando os demais grupos; **conflitos de privação relativa**: este conflito aparece quando a população encontra-se insatisfeita com relação ao nível econômico em que vive, levando em consideração a existência de um melhor padrão de vida e que este padrão atua como um agente da miséria econômica destas populações que são desfavorecidas na injusta distribuição de recursos. Ou seja, os conflitos de privação relativa acontecem quando existe água suficiente para satisfazer as necessidades de toda a população, porém esta não é distribuída de forma justa.

Setti *et al.* (2001) também classificam os conflitos de uso da água em: **Conflitos de destinação de uso**: ocorre quando a água é desviada da destinação já pré-estabelecida nos planos de bacias para outras destinações como, por exemplo, a retirada de água de reserva ecológica para a irrigação; **conflitos de disponibilidade qualitativa**: situação característica onde se utilizam água de fontes poluídas, pois o consumo excessivo dessa água reduz a vazão de estiagem deteriorando a qualidade destas que já estão comprometidas pelo lançamento de poluentes, e tal deterioração, torna a água ainda mais inadequada para consumo,

reduzindo assim, a disponibilidade hídrica; **conflitos de disponibilidade quantitativa**: situação decorrente da utilização intensiva dos recursos hídricos, diminuindo a sua disponibilidade quantitativa cada vez mais.

Segundo Lunardi (2005), para reduzir situações propensas a conflitos hídricos é necessário que os comitês de bacia gerenciem as bacias hidrográficas adequadamente e utilizem um modelo de gestão descentralizado e com ênfase ao desenvolvimento sustentável, disseminando um consumo consciente, de modo a garantir a qualidade e a quantidade de água.

De acordo com Setti *et al.* (2001), é evidente o crescimento dos conflitos no Brasil entre os diversos usuários dos recursos hídricos. Um exemplo em grande escala pode ser observado na bacia do rio São Francisco, onde as projeções de demanda de água para os seus usos mostram-se preocupantes quanto à disponibilidade de água do rio. Outro exemplo citado pelos autores é na região Sudeste, onde se evidenciam os conflitos pela utilização das águas dos rios Paraíba do Sul, Piracicaba e Capivari.

Pereira (2012) realizou a análise de conflitos pelo uso da água relacionados à oferta e à demanda na bacia do rio Piracicaba – MG, a partir da relação entre oferta e demanda, e verificou que quando utilizado o critério atual para concessão de outorgas de 30% da  $Q_{7,10}$  (Vazão com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos) anual, parte dos trechos da hidrografia com outorgas a montante apresentam o somatório das vazões demandadas maior que a vazão outorgável. O autor ainda concluiu que o critério de outorga 70% da  $Q_{95}$  (Vazão associada à permanência de 95%) proporciona o menor número de trechos em conflito, seguido pelos critérios de 50% da  $Q_{7,10}$  e 30% da  $Q_{7,10}$ .

#### 2.4 Uso do geoprocessamento na gestão de bacias hidrográficas

A adoção de técnicas de geoprocessamento pode possibilitar o desenvolvimento sustentável e auxiliar na minimização de conflitos, pois, segundo Zeng *et al.* (2003 *apud* Farias *et al.* 2010) facilita os estudos das características de cada ambiente, otimizando as tarefas de análise de um grande volume de dados e complexo conjunto de parâmetros ambientais.

Segundo Fitz (2008), entende-se por geotecnologias as novas tecnologias ligadas às geociências e correlatas, as quais trazem avanços muito significativos no

desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados ao espaço geográfico. Quando profissionais de diversas áreas atuam de forma direta com questões espaciais, essas considerações tornam-se importantes. Entretanto, para que se possa trabalhar o meio ambiente como um todo é necessário a interatividade, por meio da interdisciplinaridade, tornando necessária a busca por ferramentas e técnicos qualificados para sua concretização.

O instrumento que melhor expressa essa espécie de matemática espacial é o Sistema de Informações Geográficas (SIG). Qualquer dado que possua um componente espacial e uma localização determinável pode ser manuseada, armazenado e analisado por um SIG (ROMÉRO *et al*, 2004) através de um arquivo *shapefile* (tipo de arquivo digital que representa uma aparência ou elemento gráfico, seja ela em formato de ponto, linha ou polígono e que contém uma referência espacial de qualquer que seja o elemento mapeado).

O geoprocessamento pode ser utilizado, portanto, como uma ferramenta de integração e análise de informações de qualidade e quantidade das águas, podendo assim, ser utilizado na gestão de recursos hídricos. Para Oliveira e Guasseli (2007), a utilização dessa ferramenta permite a implantação de um SIG que reuni um conjunto de bases digitais e de banco de dados que podem ser manipulados, promovendo uma análise espacial, de acordo com a necessidade do usuário.

Pinheiro *et al.* (2009) utilizaram o geoprocessamento como uma ferramenta de gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Macaé-RJ, esta ferramenta proporcionou a conexão e análise das informações atuais da bacia, da qualidade das suas águas, dos seus usos principais e das fontes poluidoras na bacia. Estes procedimentos em conjunto serviram de auxílio para a implantação do instrumento de enquadramento dos corpos hídricos dessa bacia em classes.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área de estudo

A figura 1 mostra a bacia hidrográfica do rio Gramame, onde ela está localizada no litoral Sul do estado da Paraíba na região Nordeste do Brasil, entre as latitudes 7° 11' e 7° 23' Sul e longitudes 34° 48' e 35° 10' Oeste. Essa é uma bacia de médio porte, com 589,1 km<sup>2</sup> de área de drenagem. Seus principais cursos d'água são o rio Gramame, que é o rio principal, e seus afluentes Mumbaba, Mamuaba e Água Boa, todos perenes. O principal reservatório fluvial da região litorânea do Estado, o Gramame-Mamuaba, localiza-se na bacia (SEMARH, 2000).

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do rio Gramame



Fonte: Machado, 2011

Segundo SEMARH (2000), esta bacia atendia no ano 2000 uma população na zona urbana de 794.887 e na zona rural 21.304 habitantes, onde ela abrange os municípios de Alhandra, Conde, Cruz do Espírito Santo, João Pessoa, Santa Rita, São Miguel de Taipu e Pedras de Fogo.

O rio principal, o Gramame apresenta regime fluvial perene, nasce na região do Oratório, município de Pedras de Fogo a uma altitude de aproximadamente 150 metros e percorre 54,3 km passando pelos seus principais afluentes: rio Utinga, rio Pau Brasil, riacho Pitanga, riacho Ibura, riacho Piabuçu, rio Água Boa, riacho Santa Cruz, riacho da Quizada, riacho do Bezerra, riacho do Angelim, riacho Botamonte, rio Mamuaba, rio Camaço e rio Mumbaba chegando até a sua foz na praia de Barra de Gramame, limitada pelos municípios de João Pessoa e Conde (SEMARH, 2000).

A bacia hidrográfica do rio Gramame apresenta como uns de seus principais usos: abastecimento urbano, irrigação, lançamento de efluentes e exportação para a barragem de Marés, onde esta auxilia no abastecimento da cidade de João Pessoa (SIMÕES, 2012).

O uso relativo à irrigação é muito intenso na bacia do rio Gramame, pois nela são produzidos variados tipos de cultivos, tais como: o inhame, o feijão, a batata-doce, o abacaxi, a cana-de-açúcar e o capim. O cultivo que apresenta maior destaque com relação ao consumo de água é o cultivo de cana-de-açúcar pela fazenda GIASA, que atua desde 1971 no setor de sucroalcooleiro e produz cerca de 90 milhões de litros de álcool por ano, onde sua demanda é mais acentuada nos meses entre agosto e fevereiro, que é período de crescimento vegetativo da cana (SIMÕES, 2012).

A vegetação nativa da área da bacia hidrográfica foi sendo indiscriminadamente retirada ao longo do processo de ocupação das terras e foram substituídas pelas culturas de cana-de-açúcar, abacaxi, mandioca, entre outras de caráter intensivo, restando, atualmente apenas alguns pequenos trechos de Mata Atlântica e seus ecossistemas (SCIENTEC, 1997).

De acordo com a SEMARH (2000), na bacia hidrográfica do rio Gramame encontram-se instaladas diversas indústrias dos mais variados ramos de atividades, e estas estão em sua maior concentração na parte baixa da sub-bacia do rio Mumbaba. Essas indústrias utilizam a água como insumo, ou para limpeza e lavagem, refrigeração, alimentação de caldeiras e outros fins potáveis.

Com relação ao clima, a região onde a bacia hidrográfica do rio Gramame está localizada é uma região tropical úmida com evaporação média anual de 1300mm, e a precipitação média anual de 1740mm. Devido à proximidade do Estado à linha do Equador, ela apresenta como característica alta radiação solar e



alto número de horas de insolação apresentando temperatura média anual de 26°C, e assim determinando um clima quente nesta região (SANTOS, 2009).

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PERH-PB, 2006), a bacia do Rio Gramame apresenta uma disponibilidade máxima superficial fluvial quase que totalmente ativada, e, subterrânea totalmente ativada. Apresentando 243,87 hm<sup>3</sup>/ano de disponibilidade máxima no total, sendo 179,76 hm<sup>3</sup>/ano superficial fluvial e 64,11 hm<sup>3</sup>/ano subterrânea.

O seu IUD<sub>A</sub> (Índice de Utilização da Disponibilidade Atual) ainda de acordo com PERH-PB (2006) aponta para uma demanda superior à sua disponibilidade, apresentando evidências de esgotamento das vazões outorgáveis, acarretando repressão de usos, principalmente para a irrigação, o que tem gerado conflitos. A bacia exporta 48% de suas águas para a Grande João Pessoa, sendo o remanescente insuficiente para satisfazer as demandas dos outros usos.

A Tabela 1 mostra as demandas atuais e projetadas da bacia do rio Gramame, nela podemos observar que a demanda dessa bacia tende a aumentar e os conflitos entre seus usuários também, pois a sua disponibilidade continuará insuficiente.

Tabela 1 - Demandas atuais e projetadas da Bacia do rio Gramame (m<sup>3</sup>/ano)

| Bacia   | Demandas     | 2003               | 2008               | 2013               | 2018               | 2023               |             |
|---------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| Gramame | Humano       | Urbano             | 84.402.511         | 95.005.746         | 102.872.506        | 110.317.822        | 114.429.347 |
|         |              | Rural              | 695.587            | 683.617            | 714.011            | 747.755            | 770.854     |
|         | Pecuária     | 10.815.325         | 10.815.325         | 10.815.325         | 10.815.325         | 10.815.325         |             |
|         | Industrial   | 1.174.792          | 1.197.156          | 1.212.238          | 1.220.039          | 1.235.521          |             |
|         | Irrigação    | 107.796.113        | 102.296.311        | 96.796.509         | 91.296.708         | 85.888.586         |             |
|         | <b>Total</b> | <b>204.884.328</b> | <b>209.998.155</b> | <b>212.410.589</b> | <b>214.397.650</b> | <b>213.139.632</b> |             |

Fonte: PERH-PB, 2006

A pouca disponibilidade hídrica da bacia Hidrográfica do rio Gramame, já provocou problemas relacionados com conflitos de usos da água durante os anos de 1998 e 1999, onde estes conflitos foram caracterizados entre a demanda requisitada para irrigação e a exportação de água para cidades localizadas além dos limites geográficos da bacia Bayeux, Cabedelo e a maior parte de João Pessoa (SANTOS, 2009).

Esses conflitos são potencializados devido às restrições que se impõem às vazões outorgáveis da bacia, regulamentada pelo Decreto Estadual nº 19.260, de 31

de outubro de 1997, o qual estabelece, que a soma dos volumes de água outorgados em uma determinada bacia não poderá exceder 90% da vazão regularizada com 90% de garantia ( $0,9Q_{90}$ ).

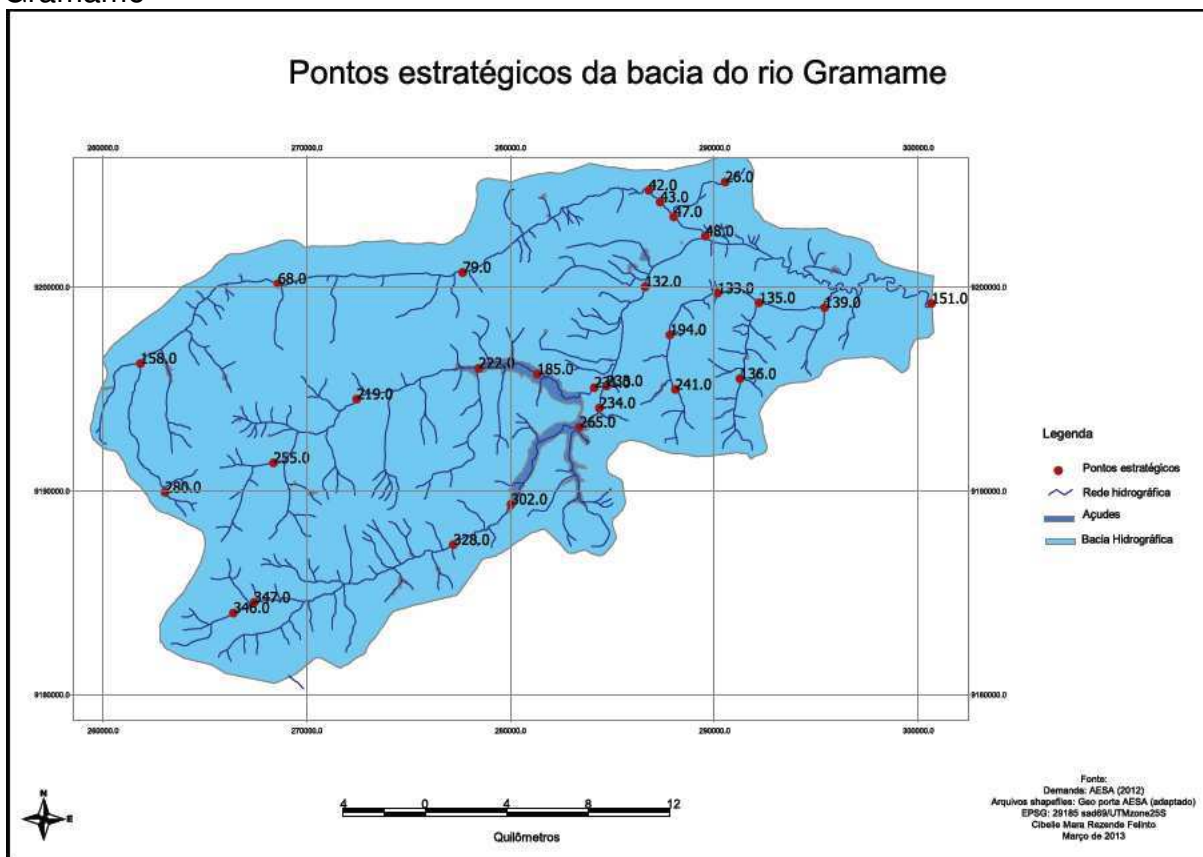
Para diagnóstico do quantitativo de demanda e oferta de água na bacia hidrográfica do rio Gramame foram analisados os 29 pontos estratégicos definidos pelo Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia - PDRH (SEMARH, 2000), que encontra-se apresentados na Tabela 2, e distribuídos na Figura 2.

Tabela 2 - Pontos estratégicos definidos pelo PDRH na Bacia do rio Gramame

| Ponto de Cálculo (PDRH) | Descrição                           |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 26                      | Açude fictício Mussuré              |
| 42                      | Posto Fluviométrico Mumbaba         |
| 43                      | Captação Cagepa ( Mumbaba )         |
| 47                      | Exutório Riacho Mussuré-Mumbaba     |
| 48                      | Exutório Sub-Mumbaba                |
| 68                      | Captação Mumbaba 1                  |
| 79                      | Captação Mumbaba 2                  |
| 132                     | Captação Cagepa ( Gramame )         |
| 133                     | Água Boa ( Alt I )                  |
| 135                     | Água Boa ( Alt II )                 |
| 136                     | Exutório Rio da Salsa               |
| 139                     | Exutório Água Boa                   |
| 151                     | Exutório da Bacia                   |
| 158                     | Exutório Riacho Coqueirinho-Mumbaba |
| 185                     | Posto Fluviométrico Mamuaba         |
| 194                     | Captação Cagepa ( Conde )           |
| 219                     | Captação Mamuaba                    |
| 222                     | Exutório Riacho Vermelho-Mamuaba    |
| 231                     | Exutório Sub-Mamuaba                |
| 233                     | Exutório Sub-Gramame                |
| 234                     | Posto Fluviométrico Gramame         |
| 241                     | Açude fictício Água Boa             |
| 255                     | Açude fictício Mamuaba              |
| 265                     | Exutório Piabuçu-Gramame            |
| 280                     | Açude fictício Mumbaba              |
| 302                     | Captação Gramame                    |
| 328                     | Captação Giasa                      |
| 346                     | Açude fictício Gramame              |
| 347                     | Captação Cagepa ( Pedras de Fogo )  |

Fonte: SEMARH, 2000

Figura 2 - Disposição dos pontos estratégicos definidos pelo PDRH na Bacia do rio Gramame



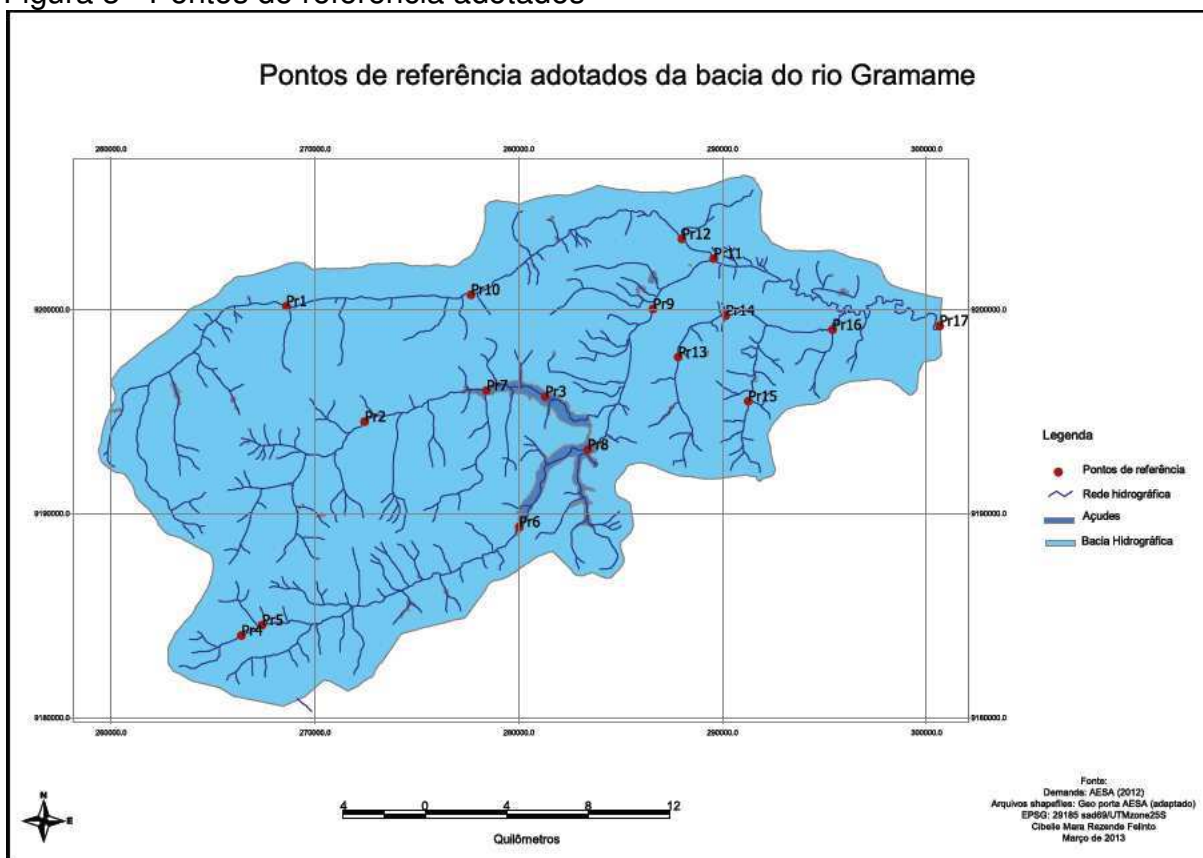
Fonte: Arquivos Shapefiles: Geo Portal AESA (adaptado)

### 3.2 Estimativa da demanda

A Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), criada pela Lei Estadual 7.779/2005 e regulamentada pelo Decreto Estadual 26.224/2005, é o órgão gestor responsável pela análise e emissão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos em corpos hídricos do domínio do estado.

Na análise da demanda pelo uso da água na bacia, foram considerados apenas os usos outorgados. Desta forma, dos 29 pontos estratégicos sugeridos pelo PDRH, foram considerados neste trabalho apenas os dezessete nos quais se identificaram usuários outorgados mais significativos. Tais pontos estratégicos foram redefinidos como Pontos de Referência. A Figura 03 apresenta a disposição de tais pontos e, a Tabela 3, apresenta a descrição e correlação de tais pontos com os pontos estratégicos do PDRH.

Figura 3 - Pontos de referência adotados



Fonte: Arquivos Shapefiles: Geo Portal AESA (adaptado)

Tabela 3 - Descrição e caracterização dos pontos de referências adotados

| Ponto de Referência | Ponto de Cálculo (PDRH) | Descrição                        |
|---------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Pr 1                | 68                      | Captação Mumbaba 1               |
| Pr 2                | 219                     | Captação Mamuaba                 |
| Pr 3                | 185                     | Posto Fluviométrico Mamuaba      |
| Pr 4                | 346                     | Açude fictício Gramame           |
| Pr 5                | 347                     | Captação Cagepa (Pedra de Fogo)  |
| Pr 6                | 302                     | Captação Gramame                 |
| Pr 7                | 222                     | Exutório Riacho Vermelho-Mamuaba |
| Pr 8                | 265                     | Exutório Piabuçu-Gramame         |
| Pr 9                | 132                     | Captação CAGEPA - Gramame        |
| Pr 10               | 79                      | Captação Mumbaba 2               |
| Pr 11               | 48                      | Exutório Sub-Mumbaba             |
| Pr 12               | 47                      | Exutório Riacho Mussuré-Mumbaba  |
| Pr 13               | 194                     | Captação Cagepa (Conde)          |
| Pr 14               | 133                     | Água Boa (Alt I)                 |
| Pr 15               | 136                     | Exutório Rio da Salsa            |
| Pr 16               | 139                     | Exutório Água Boa                |
| Pr 17               | 151                     | Exutório da Bacia                |

Fonte: SEMARH, 2000 (adaptado)

Para estimar a demanda da bacia hidrográfica do rio Gramame utilizou-se os valores de vazão anual de todos os usuários outorgados da bacia hidrográfica, fornecidos pela AESA em 07/2012, sendo considerados como outorgados aqueles efetivamente outorgados, bem como aqueles com outorga em andamento.

Tal demanda foi analisada e contabilizada em relação ao tipo de manancial: superficial ou subterrâneo; e, em relação ao tipo de uso da água: abastecimento, irrigação, industrial, comercial, lançamento de efluentes e lazer.

Após a organização de todos os dados em forma de tabela, transformou-se a mesma em arquivo dBASE, de modo a permitir a sua importação para o *software* livre utilizado, o *gvSIG*. O *gvSIG* é um Sistema de Informação Geográfica que permite gerenciar dados espaciais e realizar análises complexas sobre eles. Foi criado em 2004 e, atualmente, está sob a responsabilidade da Associação para o Avanço da Geomática Livre e Desenvolvimento do *gvSIG* - *gvSIG Association* (MADRID, 2012). Foi utilizada neste trabalho a versão 1.12.0 do *software*.

Os valores de demanda na bacia foram dispostos espacialmente em seis mapas temáticos: dois de demanda superficial; dois de demanda subterrânea; e, dois de demanda total, todos com apresentação a nível do usuário (tipo de gráfico por símbolo graduado) e a nível do ponto de referência.

### 3.3 Estimativa da oferta

Neste trabalho foi analisada apenas a oferta de água superficial da bacia hidrográfica, desconsiderando a sua interação com o fluxo subterrâneo e os mananciais de água subterrânea.

De acordo com o Decreto Estadual nº 19.260/97 que regulamenta a outorga de direito de uso dos recursos hídricos, a vazão de referência para calcular os volumes de vazão outorgáveis corresponde a vazão natural da curva de permanência com 90% de probabilidade de ser ultrapassada (Q90) ou à vazão regularizável pelo açude com um nível de garantia de 90% (SEMARH, 2000).

Para estimar a oferta de água superficial na bacia hidrográfica do rio Gramame utilizou-se os valores de vazão outorgável em cada ponto de referência, a qual foi definida pelo Plano Diretor de Recursos Hídricos (SEMARH, 2000), através da comparação entre os valores de Q90 calculados com série histórica de 200 anos e diversos valores de vazão de permanência Qx calculado com a série histórica

gerada pelo AÇUMOD, e a partir deste, foi traçado uma curva de permanência das vazões médias mensais de 17 anos (1972 a 1988), considerando como vazão de referência, a vazão correspondente à frequência acumulada de 98%.

O AÇUMOD é um modelo hidrológico de chuva-vazão distribuído que efetua o balanço hídrico dos açudes implantados na rede de drenagem da bacia hidrográfica, considerando as respectivas regras de operação dos mesmos (SEMARH, 2000).

Para o uso desse modelo na bacia hidrográfica do rio Gramame, um banco de dados de precipitação consistidos no período de 1972 a 1988, foi construído pelo próprio modelo com arquivos distintos para os dados diários e mensais.

Os valores de vazão de referência estimados pelo PDRH (SEMARH, 2000), bem como as respectivas vazões outorgáveis estão apresentadas na Tabela 4.

De modo a permitir a análise em cada ponto de referência, bem como o confronto entre a demanda (contabilizada por ponto de referência) e a oferta (que considera o deflúvio acumulado da bacia), tais valores de vazão de referência e vazão outorgável foram isolados por ponto de referência, ou seja, foram considerados os valores não acumulados do deflúvio. Dessa forma, a partir desse deflúvio referente à vazão outorgável, foi gerado um mapa temático de oferta superficial de água.

Tabela 4 - Vazão de referência e vazão outorgável em cada ponto de referência

| Ponto de Referência | Vazão de referência (m <sup>3</sup> /mês) | Vazão outorgável (m <sup>3</sup> /mês) |
|---------------------|---|--|
| Pr 1                | 388.800,00                                | 349.920,00                             |
| Pr 2                | 388.800,00                                | 349.920,00                             |
| Pr 3                | 829.440,00                                | 746.496,00                             |
| Pr 4                | 77.760,00                                 | 69.984,00                              |
| Pr 5                | 142.560,00                                | 128.304,00                             |
| Pr 6                | 777.600,00                                | 699.840,00                             |
| Pr 7                | 150.336,00                                | 135.302,40                             |
| Pr 8                | 155.520,00                                | 139.968,00                             |
| Pr 9                | 2.851.200,00                              | 2.566.080,00                           |
| Pr 10               | 648.000,00                                | 583.200,00                             |
| Pr 11               | 1.503.360,00                              | 1.353.024,00                           |
| Pr 12               | 103.680,00                                | 93.312,00                              |
| Pr 13               | 51.840,00                                 | 46.656,00                              |
| Pr 14               | 388.800,00                                | 349.920,00                             |
| Pr 15               | 311.040,00                                | 279.936,00                             |
| Pr 16               | 648.000,00                                | 583.200,00                             |
| Pr 17               | 6.739.200,00                              | 6.065.280,00                           |

Fonte: SEMARH, 2000 (adaptado)

### 3.4 Confronto entre a demanda e a oferta

Para confrontar valores de vazão demandada na bacia, com a vazão ofertada da mesma, utilizou-se inicialmente, como oferta, os valores de vazão máxima outorgável e, como demanda, os valores de vazão de demanda superficial total. Neste confronto foram gerados dois mapas: um mapa do tipo gráfico de barras, com os valores de oferta e demanda em cada ponto de referência; e um mapa com os valores da diferença entre a oferta e a demanda, em cada ponto de referência.

Adicionalmente, foram analisados como oferta cenários de previsão de vazão característicos de anos considerados chuvosos, secos ou normais. Para determinação desta vazão prevista, considerou-se como dado de entrada a informação das previsões probabilísticas de precipitação classificadas em acima da média histórica, abaixo da média histórica e em torno da média histórica, em três cenários hipotéticos: Cenário 1: Ano chuvoso, com probabilidade maior de ocorrência de precipitação acima da média histórica ( $P_{ch}=0,8$ ;  $P_n=0,1$  e  $P_s=0,1$ ); Cenário 2: Ano normal, com probabilidade maior de ocorrência de precipitação em torno da média histórica ( $P_{ch}=0,1$ ;  $P_n=0,8$  e  $P_s=0,1$ ); e, Cenário 3: Ano seco, com probabilidade maior de ocorrência de precipitação abaixo da média histórica ( $P_{ch}=0,1$ ;  $P_n=0,1$  e  $P_s=0,8$ ). Onde,  $P_{ch}$ ,  $P_n$  e  $P_s$  é a probabilidade de ocorrência de precipitação acima da média histórica, em torno da média histórica e abaixo da média histórica, respectivamente.

Foi utilizado o método de reamostragem estatística proposto por Croley (1996) *apud* Machado (2011), o qual utilizou estas previsões categorizadas probabilísticas de precipitação para geração de uma série sintética, também de precipitação, com duração de 1.000 anos. Esta série sintética é obtida repetindo-se os registros da série histórica de precipitação de tal modo que a série sintética obedeça às probabilidades de ocorrência estabelecidas na previsão. A partir da série sintética, assim como utilizado em Machado (2011), foi definido o valor previsto de vazão em cada ponto de referência da seguinte forma: toma-se a precipitação mensal prevista pela média aritmética da precipitação do referido mês de todos os anos da série sintética originada; divide-se esta precipitação mensal prevista pela precipitação mensal média histórica originando um coeficiente de afluência; multiplica-se o coeficiente de afluência mensal pela vazão mensal média histórica em cada ponto de referência para estimativa da vazão mensal prevista.

Os dados de vazão média mensal histórica em cada Ponto de Referência foram obtidas do PDRH da bacia do rio Gramame (SEMARH, 2000), tomadas como aquelas geradas pelo modelo AÇUMOD para os pontos estratégicos equivalentes, para o período de 1972 a 1988. Tais valores estão apresentados na Tabela 5.

Já em relação aos dados de precipitação, foi utilizada a precipitação média mensal obtida por meio do método dos Polígonos de Thiessen aplicado por Machado (2011) em nove postos pluviométricos localizados na bacia e em sua vizinhança expostos na Tabela 6, cujos valores históricos de precipitação dos postos foram obtidos do PDRH da bacia, considerando o período de 1972 a 1988. Os valores médios mensais obtidos por Machado (2011) estão apresentados na Tabela 7, e o traçado dos polígonos de Thiessen na Figura 4.

Tabela 5 - Vazão média histórica em cada ponto de referência

| Pr | Vazão (l/s) |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|----|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|    | jan         | fev     | mar     | abr     | mai     | jun     | jul     | ago     | set     | out     | nov     | dez     |
| 1  | 102,65      | 156,78  | 351,59  | 557,29  | 1731,19 | 865,66  | 1082,10 | 543,72  | 453,61  | 147,39  | 91,21   | 98,76   |
| 2  | 184,10      | 291,16  | 607,69  | 803,18  | 2077,56 | 1390,94 | 1490,32 | 812,16  | 646,03  | 223,66  | 179,06  | 162,19  |
| 3  | 538,08      | 830,76  | 1616,07 | 2067,03 | 3756,35 | 3542,29 | 3905,84 | 2220,56 | 1649,82 | 586,08  | 516,15  | 471,76  |
| 4  | 29,04       | 49,04   | 117,08  | 155,86  | 1231,17 | 252,64  | 311,31  | 157,92  | 127,79  | 36,76   | 34,40   | 27,13   |
| 5  | 54,44       | 91,91   | 217,48  | 287,18  | 1375,27 | 461,96  | 567,68  | 287,70  | 233,37  | 67,47   | 63,29   | 50,48   |
| 6  | 344,56      | 545,51  | 1176,23 | 1495,06 | 2807,09 | 2546,99 | 2833,11 | 1486,28 | 1187,98 | 404,35  | 371,62  | 282,24  |
| 7  | 70,72       | 111,80  | 209,89  | 248,38  | 1385,78 | 427,89  | 491,00  | 271,31  | 199,53  | 68,32   | 62,58   | 56,88   |
| 8  | 97,42       | 149,45  | 286,72  | 342,05  | 1476,56 | 585,22  | 624     | 340,66  | 260,42  | 100,13  | 91,76   | 70,99   |
| 9  | 1237,15     | 1915,53 | 3856,75 | 4940,74 | 7414,47 | 8661,65 | 9563,06 | 5330,18 | 3986,32 | 1376,59 | 1235,77 | 1071,46 |
| 10 | 394,73      | 579,10  | 1131,85 | 1626,04 | 3111,03 | 2580,24 | 2993,26 | 1698,38 | 1268,62 | 472,29  | 394,77  | 359,00  |
| 11 | 760,51      | 1098,32 | 2131,6  | 2907,42 | 4740,29 | 4870,59 | 5516,42 | 3058,67 | 2311,22 | 783,16  | 669,56  | 631,33  |
| 12 | 73,52       | 107,73  | 187,73  | 210,23  | 1350,39 | 410,92  | 375,09  | 216,93  | 182,27  | 64,38   | 45,06   | 49,21   |
| 13 | 123,32      | 177,92  | 341,11  | 448,4   | 1653    | 798,52  | 904,19  | 520,60  | 373,45  | 116,19  | 109,31  | 109,98  |
| 14 | 197,87      | 287,42  | 530,84  | 659,57  | 1944,26 | 1207,18 | 1276,60 | 735,9   | 554,50  | 180,37  | 154,44  | 159,54  |
| 15 | 197,89      | 290,91  | 510,55  | 578,68  | 1865,17 | 1127,31 | 1044,24 | 608,58  | 500,90  | 176,30  | 126,62  | 137,52  |



Continuação da Tabela 5

|    |        |         |         |          |          |          |          |          |         |         |         |         |
|----|--------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 16 | 468,80 | 685,62  | 1229,21 | 1448,99  | 3043,23  | 2746,63  | 2696,79  | 1561,47  | 1237,54 | 420,76  | 325,83  | 345,96  |
| 17 | 2937   | 4440,12 | 8841,41 | 11350,71 | 15932,82 | 20263,65 | 21500,65 | 11919,47 | 9076,24 | 3020,18 | 2531,90 | 2371,86 |

Fonte: SEMARH, 2000 (adaptado)

Tabela 6 - Dados dos postos pluviométricos

| <b>Código</b> | <b>Nome</b>             | <b>Altitude (m)</b> | <b>Entidade</b> |
|---------------|-------------------------|---------------------|-----------------|
| 1735132       | Fazenda Mamoaba de Cima | 136                 | Cagepa          |
| 1734025       | Fazenda Mamuaba         | 71                  | Cagepa          |
| 1734026       | Fazenda Mumbaba         | 89                  | Cagepa          |
| 1735133       | Fazenda Santa Emília    | 139                 | Cagepa          |
| 1734029       | Fazenda Veneza          | 55                  | Cagepa          |
| 1735136       | Imbiribeira             | 101                 | Cagepa          |
| 1735127       | Jangada                 | 125                 | Cagepa          |
| 1735135       | Riacho do Salto         | 110                 | Cagepa          |
| 3849878       | També                   | 190                 | Sudene          |

Fonte: Machado, 2011

Tabela 7 - Séries históricas de precipitação média na Bacia do rio Gramame

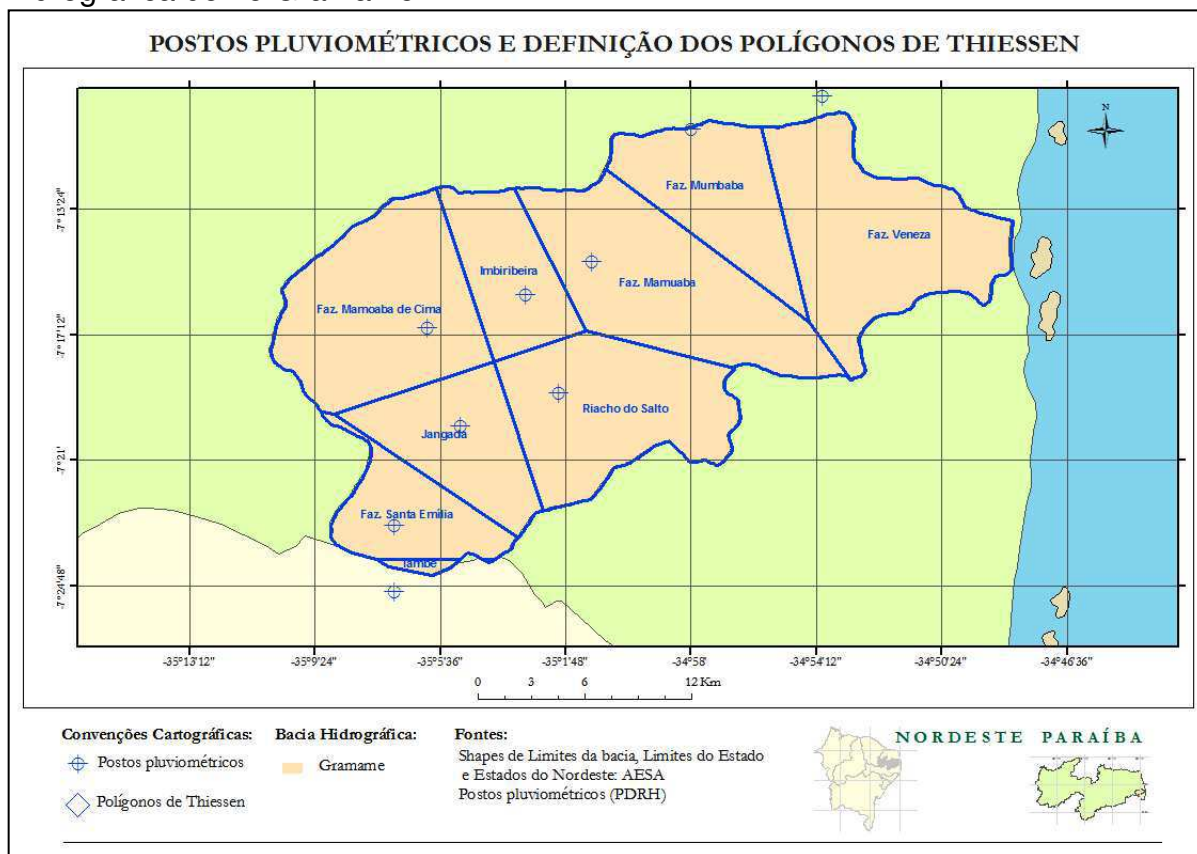
| <b>Ano</b> | <b>jan</b> | <b>fev</b> | <b>mar</b> | <b>abr</b> | <b>mai</b> | <b>jun</b> | <b>jul</b> | <b>ago</b> | <b>set</b> | <b>out</b> | <b>nov</b> | <b>dez</b> | <b>ANUAL</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| 1972       | 42,03      | 95,98      | 119,46     | 284,09     | 340,77     | 296,46     | 159,43     | 238,40     | 95,44      | 28,69      | 5,92       | 76,61      | 1783,29      |
| 1973       | 81,52      | 88,60      | 116,39     | 296,67     | 210,68     | 447,65     | 183,32     | 90,37      | 119,20     | 31,31      | 16,10      | 27,90      | 1709,71      |
| 1974       | 102,06     | 124,90     | 228,10     | 240,84     | 296,00     | 177,54     | 282,05     | 106,33     | 136,52     | 17,75      | 30,48      | 48,45      | 1791,03      |
| 1975       | 53,90      | 41,09      | 80,39      | 63,39      | 248,88     | 242,04     | 375,55     | 100,72     | 58,10      | 22,56      | 28,46      | 106,22     | 1421,29      |
| 1976       | 30,40      | 108,72     | 382,17     | 162,38     | 220,64     | 164,59     | 250,96     | 66,43      | 23,39      | 118,58     | 31,32      | 75,49      | 1635,07      |
| 1977       | 132,84     | 96,96      | 95,33      | 170,80     | 245,14     | 306,30     | 258,32     | 83,27      | 45,35      | 44,51      | 47,29      | 30,94      | 1557,05      |
| 1978       | 11,08      | 150,38     | 156,36     | 369,03     | 222,32     | 178,01     | 384,95     | 132,67     | 168,95     | 58,68      | 81,33      | 71,54      | 1985,30      |
| 1979       | 51,50      | 113,55     | 123,21     | 143,36     | 259,73     | 196,00     | 107,49     | 84,62      | 179,15     | 17,20      | 46,56      | 25,33      | 1347,70      |
| 1980       | 101,22     | 123,69     | 268,41     | 85,84      | 144,50     | 279,87     | 101,93     | 87,80      | 51,56      | 59,98      | 34,17      | 59,82      | 1398,79      |
| 1981       | 78,87      | 106,53     | 237,18     | 74,07      | 232,28     | 121,86     | 116,47     | 54,71      | 140,02     | 18,66      | 34,50      | 120,02     | 1335,18      |
| 1982       | 43,34      | 112,94     | 74,24      | 193,84     | 299,58     | 186,03     | 237,24     | 222,59     | 162,41     | 16,52      | 64,34      | 21,10      | 1634,17      |

Continuação da Tabela 7

|      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |         |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|---------|
| 1983 | 41,06  | 139,91 | 172,38 | 75,44  | 153,31 | 108,89 | 72,93  | 86,25  | 48,67  | 46,46 | 6,77   | 16,85 | 968,90  |
| 1984 | 109,57 | 54,61  | 106,01 | 257,46 | 375,63 | 156,77 | 226,88 | 177,23 | 44,49  | 70,58 | 40,23  | 3,13  | 1622,58 |
| 1985 | 102,61 | 137,32 | 309,29 | 267,41 | 212,66 | 346,61 | 420,06 | 163,79 | 98,16  | 7,57  | 25,92  | 44,16 | 2135,56 |
| 1986 | 115,84 | 89,44  | 274,60 | 212,52 | 264,69 | 271,31 | 228,57 | 185,63 | 155,57 | 67,48 | 114,97 | 35,71 | 2016,31 |
| 1987 | 46,40  | 134,90 | 260,19 | 257,08 | 102,03 | 304,63 | 305,02 | 108,97 | 47,30  | 30,56 | 13,63  | 7,85  | 1618,57 |
| 1988 | 68,33  | 52,23  | 221,54 | 224,31 | 220,45 | 270,87 | 360,77 | 148,62 | 35,86  | 12,01 | 39,81  | 47,59 | 1702,39 |

Fonte: Machado, 2011

Figura 4 - Postos pluviométricos e definição dos polígonos de Thiessen na Bacia Hidrográfica do rio Gramame



Fonte: Machado, 2011

Por fim, foram gerados quatro mapas temáticos com o confronto entre a vazão prevista em cada um dos cenários e a demanda de água da bacia, sendo um mapa do tipo gráfico de barras, com os valores de oferta em cada cenário e os valores de demanda; e três mapas com os valores da diferença entre a oferta e a demanda, em cada ponto de referência, em cada cenário.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização da Demanda

Os mapas temáticos de demanda de uso da água gerados, a nível de usuário, estão apresentados nos Mapas 1 a 3 em apêndice. O Mapa 1 apresenta a disposição dos usuários de fontes superficiais da bacia hidrográfica do rio Gramame, os valores de vazão outorgada ( $\text{m}^3/\text{mês}$ ) e o tipo de usuário. Neste mapa podemos observar que a maior parte dos usuários utiliza a água para irrigação, 75 usuários, seguidos de 11 usuários industriais, 6 usuários de abastecimento, e 5 de lançamento de efluentes.

Contudo, os usuários de água superficiais para abastecimento apresentam uma maior vazão individual. Nesta categoria estão classificados os dois maiores usuários de água da bacia, os quais um demanda uma vazão entre 5.000.000 a 10.000.000  $\text{m}^3/\text{mês}$ , apresentando um valor real de 6.437.766,67  $\text{m}^3/\text{mês}$ , e o outro demanda uma vazão entre 1.000.000 a 5.000.000  $\text{m}^3/\text{mês}$ , possuindo um valor real de 2.270.592,00  $\text{m}^3/\text{mês}$ . Sendo ambos os usuários representados pela CAGEPA, onde o primeiro transporta a água retirada do açude Gramame-Mamuaba (Pr 9) para o município de Alhandra e o outro transporta água para a grande João Pessoa do rio Mumbaba (Pr11). Ambas apresentam um valor superior à vazão outorgável, de acordo com a Tabela 4.

Ainda no Mapa 1 podemos observar que os usuários de água para lançamento de efluentes se concentram mais na direção nordeste da bacia, nos Pr 12 e 17. Já os usuários de irrigação se distribuem por toda a bacia, e tem demandas de grandezas distintas.

Os usuários de fontes subterrâneas da bacia estão dispostos no Mapa 2, que mostra a disposição dos usuários na bacia hidrográfica do rio Gramame, os valores de vazão outorgada ( $\text{m}^3/\text{mês}$ ) e o tipo de usuário. Observa-se que, em relação ao tipo de uso, a maior parte dos usuários são do tipo industrial, em um total de 48 usuários; seguidos de 20 usuários de abastecimento, 13 usuários de irrigação, 12 para uso comercial e 2 para lazer.

Da mesma forma que na demanda superficial, na demanda subterrânea os usuários da água para abastecimento, mesmo em minoria, apresentam maiores

demandas individuais, com volume entre 100.000 e 500.000 m<sup>3</sup>/mês, com um valor real de 298.694,08 m<sup>3</sup>/mês, retirados do ponto Pr17, onde está localizado o Exutório da Bacia.

Ainda no Mapa 2 observa-se uma concentração maior dos usuários no Ponto de Referência 12, trecho onde já foi identificado que a vazão total outorgada (360.859,14 m<sup>3</sup>/mês) é superior a vazão outorgável que é 93.312,0 m<sup>3</sup>/mês.

No Mapa 3 é apresentada a distribuição de todos os usuários da bacia hidrográfica do rio Gramame, superficiais e subterrâneos, com as suas respectivas vazões outorgadas (m<sup>3</sup>/mês). Ao todo são 192 usuários, sendo que 88 utilizam a água para irrigação, 59 para uso industrial, 26 para abastecimento humano, 12 para o comércio e 2 para lazer.

Os mapas temáticos de demanda de uso da água gerados, a nível de ponto de referência, estão apresentados nos Mapas 4 a 6 em apêndice, respectivamente: somatório da demanda dos usuários superficiais; somatório da demanda dos usuários subterrâneos; e, somatório da demanda de todos os usuários. Em uma análise geral, observam-se maiores valores de demanda superficial em relação ao subterrâneo. Sendo que, as maiores demandas superficiais estão localizadas no Ponto de Referência 9 (6.740.436,67 m<sup>3</sup>/mês), enquanto que, as maiores demandas de mananciais subterrâneos estão localizadas nos Pontos de Referência Pr12 (360.859,14 m<sup>3</sup>/mês) e Pr17 (383.778,58 m<sup>3</sup>/mês).

Os pontos de referência que apresentam menores valores de demanda são os Pontos de Referência 8 (886,00 m<sup>3</sup>/mês), Pr13 (0,00 m<sup>3</sup>/mês) e Pr15 (9.074,67 m<sup>3</sup>/mês), no caso da demanda superficial e, os Pontos de Referência Pr2 (0,00), Pr4 (219,00 m<sup>3</sup>/mês), Pr5 (0,00), Pr7 (0,00) e Pr15 (0,00), no caso da demanda subterrânea.

A demanda hídrica total da bacia hidrográfica por Ponto de Referência, tanto dos usuários superficiais como dos subterrâneos, estão apresentadas no Mapa 6, na qual observa-se que, considerando o somatório total da demanda, a maior demanda hídrica está localizada no PR9, que requer uma vazão de 6.763.359,17 m<sup>3</sup>/mês, seguida pelo Pr11 que requer uma vazão de 4.405.207,29 m<sup>3</sup>/mês. Os usuários desses pontos retiram esse recurso do açude Gramame-Mamuaba e do rio Mumbaba, respectivamente.

Observa-se ainda que os menores valores de demanda, a nível global, estão nas regiões dos pontos Pr8 (4.779,33 m<sup>3</sup>/mês), Pr13 (10.384,00 m<sup>3</sup>/mês) e Pr15 (9.074,67 m<sup>3</sup>/mês).

#### 4.2 Caracterização da Oferta

Os valores de vazão de referência e vazão outorgável isolados por ponto de referência, ou seja, os valores não acumulados do deflúvio estão apresentados na Tabela 8. E, o mapa temático referente a esta vazão outorgável está apresentado no Mapa 7 em apêndice.

Tabela 8 - Vazão de referência e vazão outorgável em cada ponto de referência (valores não acumulados)

| Pontos de Referência | Vazão de referência (m <sup>3</sup> /mês) | Vazão outorgável (m <sup>3</sup> /mês) |
|----------------------|---|--|
| Pr 1                 | 388.800,00                                | 349.920,00                             |
| Pr 2                 | 388.800,00                                | 349.920,00                             |
| Pr 3                 | 440.640,00                                | 396.576,00                             |
| Pr 4                 | 77.760,00                                 | 69.984,00                              |
| Pr 5                 | 64.800,00                                 | 58.320,00                              |
| Pr 6                 | 635.040,00                                | 571.536,00                             |
| Pr 7                 | 150.336,00                                | 135.302,40                             |
| Pr 8                 | 155.520,00                                | 139.968,00                             |
| Pr 9                 | 2.851.200,00                              | 2.566.080,00                           |
| Pr 10                | 259.200,00                                | 233.280,00                             |
| Pr 11                | 751.680,00                                | 676.512,00                             |
| Pr 12                | 103.680,00                                | 93.312,00                              |
| Pr 13                | 51.840,00                                 | 46.656,00                              |
| Pr 14                | 336.960,00                                | 303.264,00                             |
| Pr 15                | 311.040,00                                | 279.936,00                             |
| Pr 16                | 336.960,00                                | 303.264,00                             |
| Pr 17                | 1.736.640,00                              | 1.562.976,00                           |

Fonte: SEMARH, 2000 (adaptado)

No mapa 7 observa-se que a região que apresenta maior oferta hídrica para outorga é a região do ponto Pr9, que se encontra a jusante do reservatório Gramame-Mamuaba, logo é influenciada a vazão regularizada por ele (2.566.080,00 m<sup>3</sup>/mês); e o Pr17 que encontra-se na foz da bacia, com oferta de vazão outorgável no valor de 1.562.976,00 m<sup>3</sup>/mês.

### 4.3 Caracterização do confronto entre a oferta e a demanda

Para verificar a situação da disponibilidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Gramame confrontou-se o volume ofertado, relativo à vazão outorgável determinada pelo PDRH da bacia, com o volume demandado pelos usuários superficiais em cada Ponto de Referência. Os mapas temáticos resultantes estão apresentados nos Mapas 8 e 9, no qual podemos observar que nos pontos de referência Pr5, Pr6, Pr7, Pr9, Pr11, e Pr12 a vazão demandada é maior que a vazão ofertada, assim essas regiões apresentam déficit hídrico, e este pode ocasionar conflitos entre os usuários pelo uso da água.

Por outro lado, os pontos de referência Pr1, Pr2, Pr8, Pr13, Pr15, e Pr17, apresentam uma oferta superior à demanda, ou seja, ainda há disponibilidade para emissão de novas outorgas de uso da água nestes trechos.

Os mapas temáticos gerados para confrontar a vazão prevista em cada um dos cenários definidos (previsão de um ano chuvoso, normal e seco) e a demanda de água superficial da bacia estão apresentados nos Mapas 10 a 13. Em uma análise global, observa-se que, em todos os cenários, foi registrado apenas um ponto de déficit hídrico no Ponto de Referência 11, onde a demanda hídrica de 4.337.482,28 m<sup>3</sup>/mês, continua maior que a oferta em anos chuvosos (2.350.750,00 m<sup>3</sup>/mês), normais (2.091.333,33 m<sup>3</sup>/mês) e secos (1.780.166,67 m<sup>3</sup>/mês).

Esta situação extrema está ocorrendo provavelmente devido ao Ponto de Referência 11 abrigar, dentre outros, o maior usuário de lançamento de efluentes, oriundo de uma indústria de tecidos, que possui uma vazão outorgada de 583.740,63 m<sup>3</sup>/mês; uma demanda de abastecimento urbano da ordem de 3.584.592,00 m<sup>3</sup>/mês; e, um grande usuário de irrigação, que demanda uma vazão outorgada de 145.166,67 m<sup>3</sup>/mês.

Ainda no Ponto de Referência 11, observa-se que apenas a demanda relativa ao abastecimento urbano, cuja vazão é transportada para a região da Grande João Pessoa, é superior à vazão outorgável e à vazão prevista, mesmo em anos chuvosos, caracterizando esta outorga como superestimada e incompatível com as possibilidades da bacia. Este valor de demanda foi estimada em 2000, pelo PDRH da bacia, em um valor de 1.101.600 m<sup>3</sup>/mês, o que estaria dentro dos limites suportáveis da bacia, mas, na situação atual, foram identificadas duas outorgas nos valores de 1.314.000 m<sup>3</sup>/mês e 2.270.592 m<sup>3</sup>/mês. Contudo, ressalta-se que a

segunda possui data de expiração de 26/05/2010, mas, como as duas estão cadastradas no banco de dados fornecido pela AESA como “outorgados”, considerou-se o somatório das duas nas análises aqui efetuadas. Mesmo considerando apenas o valor de 1.314.000 m<sup>3</sup>/mês como demanda de abastecimento urbano no Pr11, o valor total demandado (2.066.890,28 m<sup>3</sup>/mês) ainda estaria acima do limite outorgável (676.512,00 m<sup>3</sup>/mês) e acima da vazão disponível de ser ofertada em anos considerados secos.

Ressalta-se ainda que esta situação de conflito identificada no Ponto de Referência 11 ainda se sustenta devido a captação de água do rio Mumbaba para o abastecimento da Grande João Pessoa, através do sistema de Marés, não ocorrer em regime permanente, pois, segundo Santos (2009), com o aumento das vazões nos rios em decorrência de altos índices pluviométricos em períodos de chuva, a retirada de água através do rio Mumbaba é suspensa para não sobrecarregar o sistema de Marés. Assim, uma parcela de água do rio Mumbaba não é utilizada e tem como destino final o exutório da bacia.

Contudo, ainda segundo a autora, durante o período de estiagem, a suspensão da recarga dos mananciais e os altos índices de evaporação favorecem uma substancial redução nas vazões dos cursos d'água na bacia do rio Gramame, o que, aliado à concentração de pontos de lançamento de efluentes, contribuem para uma deterioração da quantidade e da qualidade de água nos trechos referentes ao

Os demais pontos que apresentaram déficit hídrico no confronto com a vazão outorgável, na análise de cenários de previsão de vazão, não apresentaram déficit hídrico. Destaca-se nesta análise o Ponto de Referência 9, a jusante do reservatório Gramame-Mamuaba, cujo valor de vazão outorgável é de 2.556.080 m<sup>3</sup>/mês, contra com uma demanda de 6.740.436,67 m<sup>3</sup>/mês, sendo que 95,5% desse total demandando, ou seja 6.437.766,67 m<sup>3</sup>/mês, também é destinado para o abastecimento urbano da região metropolitana de João Pessoa. Tal demanda de abastecimento, foi estimada pelo PDRH em 5.780.160,00 m<sup>3</sup>/mês, obtendo um aumento de 11,4% para o ano de 2012.

Observa-se nos cenários previstos que o atendimento da demanda está dentro das possibilidades da bacia, pois, mesmo com a previsão de um ano seco, o valor de oferta de vazão neste trecho é de 9.486.083,33 m<sup>3</sup>/mês. Ou seja, ao invés do Ponto de Referência 11, no qual foi detectado um provável foco de conflitos de

primeira ordem (originado da competição pelo recurso natural), no Ponto de Referência 9, os problemas identificados foram, sobretudo devido aos critérios de vazão outorgável utilizados, ou seja, podendo acarretar conflitos de segunda ordem (causados indiretamente pela introdução inadequada de medidas de gerenciamento).

Contudo, ressalta-se também que tal conflito, de fato, pode não ocorrer e esta situação identificada no Ponto de Referência 9 também se sustenta devido ao órgão gestor, em alguns trechos, já estar emitindo outorgas acima do limite estabelecido no PDRH, ou seja, flexibilizando os critérios de vazão outorgável de modo a ampliar a oferta hídrica e atender a um número maior de usuários.



## 5 CONCLUSÕES

A partir da análise hídrica da bacia hidrográfica do rio Gramame pode-se concluir que a média da demanda superficial total é de 817.387,14 m<sup>3</sup>/mês e que a média da oferta superficial é de 478.635,67 m<sup>3</sup>/mês.

Na análise da demanda atual de água da bacia concluiu-se que a maior vazão demandada é para abastecimento urbano, principalmente aquela que atende à região metropolitana de João Pessoa, que está fora dos limites da bacia. Os dois pontos principais de captação para este fim, o Ponto de Referência 9 e o Ponto de Referência 11, foram justamente os que se apresentaram mais susceptíveis ao surgimento de conflitos pelo uso da água.

O Ponto de Referência 11 apresenta um possível foco de conflito de primeira ordem, ou seja, originado da competição pelo recurso natural, já que este trecho abriga usuários de diversos tipos (lançamento de efluentes, abastecimento, industrial e irrigação) com interesses conflitantes. Este ponto além de apresentar tendência de esgotamento da vazão outorgável, mesmo que a mesma não seja considerada, apresenta dificuldades de atendimento da demanda em situações de escassez. Contudo, como atenuante, consiste o fato da liberação de abastecimento para região metropolitana de João Pessoa captada neste trecho não ser constante, sendo apenas captada nos meses quando os níveis dos reservatórios que abastecem a capital do estado encontram-se mais baixos.

Já no Ponto de Referência 9, concluiu-se, a partir dos cenários de vazão gerados, que o mesmo é capaz de atender a demanda atual da bacia, mesmo em anos considerados secos. Contudo, o limite de vazão outorgável já está extrapolado, ou seja, seria um possível foco de conflitos de segunda ordem, causado não pelo esgotamento do recurso em si, mas em consequência das medidas de gerenciamento adotados, neste caso, do critério de vazão outorgável.

Observou-se, ainda, que o órgão gestor já adota critérios mais flexíveis na emissão das outorgas, visto que, não apenas no Pr9 e no Pr11, mas também nos pontos de referência Pr5, Pr6, Pr7 e Pr12, os atuais valores outorgados já estão superiores ao outorgáveis.

A gestão da demanda hídrica da bacia poderia minimizar e/ou evitar tais situações, pois esta gestão procura promover a redução do consumo hídrico através

da implementação de estratégias que visam o uso eficiente e sustentável desse recurso.

Concluiu-se também que o geoprocessamento é uma ferramenta importante na visualização e compreensão dos problemas a serem solucionados. Por tanto foi de relevante importância para a realização desse trabalho, de modo que proporcionou uma melhor visualização e análises dos resultados.

Por fim, sugere-se como estudos futuros complementares ao presente, a inclusão da análise da oferta dos mananciais subterrâneos, incluindo a modelagem da interrelação dos deflúvios superficiais e subterrâneos na análise dos cenários possíveis.

## REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Arquivo shapefile. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>>. Acesso em: 10 de julho de 2012.

ALEMAR, A. **Geopolítica das águas: o Brasil e o direito internacional fluvial**. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG, 2006.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Legislacao/default2.asp>> Acesso em: 20 de março de 2013.

CAI, X.; MCKINNEY, D. C.; LASDON, L. S. **Piece-by-piece approach to solving large nonlinear water resources management models**. Journal of Water Resources Planning and Management. ,Vol. 167, p. 363 – 368. 2001.

CAROLO, F. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: Instrumento para o desenvolvimento sustentável? Estudos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. Brasília - DF, 2007.

CARTA EUROPÉIA DA ÁGUA. Carta proclamada pelo Conselho da Europa. Estrasburgo, 6 de Maio de 1968, disponível em: <<http://www.movimentodasartes.com.br/joseantonio/download/CartasdaAgua.pdf>> Acesso em: 20 de março de 2013.

DERANI, C. **Direito Ambiental Econômico**. 2ª Edição. São Paulo - SP: Max Limonad, 2001.

FARIAS, E. G. G; LORENZZETTI, J. A; MAIA, L. P. GASTÃO, F. G. C; BEZERRA, L. J. C. **Uso de técnicas de geoprocessamento na identificação de áreas favoráveis ao cultivo de macroalgas marinhas**. Rev. Bras. Eng. Pesca. 20 de maio de 2010.

FERNANDES, A. C. C. **Os comitês de bacias hidrográficas e suas implicações para o gerenciamento dos recursos hídricos**. Monografia de Bacharelado, universidade Federal do Rio de Janeiro instituto de economia. Abril, 2002.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo - SP: Oficina de Textos, 2008.

INFOPÉDIA, Enciclopédia e Dicionários. **Água**. Porto Editora. Disponível em:< <http://www.infopedia.pt/lingua-portuguesa/%C3%A1gua>>. Acesso em: 25 de março de 2013.

LEAL, M. S; **Gestão Ambiental dos Recursos Hídricos: Princípios e Aplicações**. 1998

LEIS, H. R. **Um modelo político-comunicativo para superar o impasse do atual modelo político-técnico de negociação ambiental no Brasil**. In Cavalcanti, C. Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Editora Cortez, 2002.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3ª Edição. Campinas - SP: Editora Átomo, 2010.

LUNARDI, G. M. **A bacia hidrográfica do rio Tubarão e complexo Lagunar: educação ambiental e sustentabilidade sob a ótica de alunos e professores do ensino médio** Criciúma - SC, 2005.

MACHADO, E. C. M. N. **Metodologia multiobjetivo para alocação da vazão excedente em bacias hidrográficas**. Tese de Doutor. Programa de pós-graduação em Recursos Naturais. Campina Grande - PB, Setembro de 2011.

MACHADO, P. J. O; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. Cengage Learning, 2012.

MADRID, M. **gvSIG Desktop 1.12 Manual de usuário**. Disponível em <http://www.gvsig.org/web/projects/gvsig-desktop/docs/user/gvsig-desktop-1-12-manual-de-usuario/>, acesso em 08/04/2013.

OLIVEIRA, G. G; GUASSELLI, L. A. **Relação entre a Suscetibilidade a Inundações e a Falta de Capacidade nos Condutos da Sub-bacia do Arroio da Areia, em Porto Alegre/RS**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Rio Grande do Sul - SC, V.16, n.1, p 05-15, Jan/Mar 2011.

PEIXINHO, F. C; **Recursos hídricos, desenvolvimento sustentável, modelo de gestão**, in: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. 31 de agosto a 03 de setembro de 2010; São Luís – MA.

PEREIRA, E. M. **Análise de conflitos pelo uso da água relacionados à oferta e à demanda: bacia do rio piracicaba – MG**. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em análise e modelagem de sistemas ambientais da universidade federal de minas gerais. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <[http://www.csr.ufmg.br/modelagem/dissertacoes/erika\\_machado.pdf](http://www.csr.ufmg.br/modelagem/dissertacoes/erika_machado.pdf)>. Acesso em: 05 de Abril de 2013.

PERH-PB : **Plano Estadual de Recursos Hídricos : resumo executivo & atlas / Governo do Estado da Paraíba**; Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, SECTMA; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. Brasília - DF : Consórcio TC/BR – Concremat, 2006.

PINHEIRO, M. R. C; WERNECK, B. R; OLIVEIRA, A. F; MOTÉ, F; MARÇAL, M. S; SILVA, J. A. F; FERREIRA, M. I. P. **Geoprocessamento aplicado à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Macaé-RJ**. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal - RN, 25 a 30 abril 2009, INPE, p. 4247-4254.

POSTEL, S; VICKERS, A. **Incrementando a produtividade hídrica. Estado do mundo, 2004: estado do consumo e o consumo sustentável**. Salvador - BA: Universidade do Meio Ambiente, 2004.

Relatório Brundtland Nosso Futuro Comum: definição e princípios. Disponível em: <<http://www.marcouniversal.com.br/upload/RELATORIOBRUNDTLAND.pdf>>. Acesso em 20 de Março de 2013.

ROMÉRO, M. A; PHILIPPI, JR. A; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri - SP, 2004.

SANTOS, R. B. “**Avaliação de intervenções hidráulicas na bacia do rio Gramame-PB com o uso das técnicas de análise multiobjetivo e multicriterial**”. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande - PB, Maio de 2009.

SCIENTEC. Associação para Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia. “**Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba: Bacias do Rio Piancó e do Alto Piranhas**”. SEPLAN. Paraíba - PB, 1997.

SELBORNE, L.; **A Ética do Uso da Água Doce: Um levantamento**. 1ª edição. Brasília - DF. UNESCO, 2002.

SEMARH. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais. **Plano diretor de recursos hídricos da Bacia do rio Gramame**. Paraíba. 2000.

SETTI, A. A; LIMA, J. E. F. W; CHAVES, A. G. M; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**; 2ª edição. Brasília - DF, 2001. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/introducao\\_gerenciamento.pdf](http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/introducao_gerenciamento.pdf)>. Acesso em: 20 de Março de 2013.

SILVA, L. M. C.; MONTEIRO, R. A. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: Uma das possíveis abordagens**. In: Machado, C. J. S. (Org.): Gestão de Águas Doces. 1ª edição. Rio de Janeiro - RJ: Interciência, v. 1, p. 135-178. 2004

SIMÕES, M. S. **Potencial Poluidor das Indústrias na Bacia do Rio Gramame – Riacho Mussuré**. Trabalho de Conclusão do Curso. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa - PB. Novembro 2012.

SUDENE . Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil – Fase I: **Conflitos Inerentes aos Aproveitamentos**. Recife - PE, vol. 13, cap. 2, 1980.

TEODORO, V. L. L; TEIXEIRA, D; COSTA, D. J. L. C; FULLER, B. B; **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. VER. UNIARA, n.20, 2007. Disponível em: <[http://www.uniara.com.br/revistauniara/pdf/20/RevUniara20\\_11.pdf](http://www.uniara.com.br/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf)>. Acesso em: 20 de Março de 2013.

TUCCI, C. E. M. **Desafios em recursos hídricos**. In Phillipi Jr. A.; Tucci, C. E. M; Hogan, D. J; Navegantes, R. Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais. São Paulo – SP: Signus editora, 2000.

TUCCI, C. E. M; HESPANHOL, I; NETTO, O. M. C. **Gestão da Água no Brasil**. 1ª edição. Brasília - DF: UNESCO, 2001.

VIEIRA, Z. M. C. L. **Metodologia de análise de conflitos na implantação de medidas de gestão da demanda de água**. Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em Recursos Naturais. Campina grande - PB, Fevereiro de 2008.

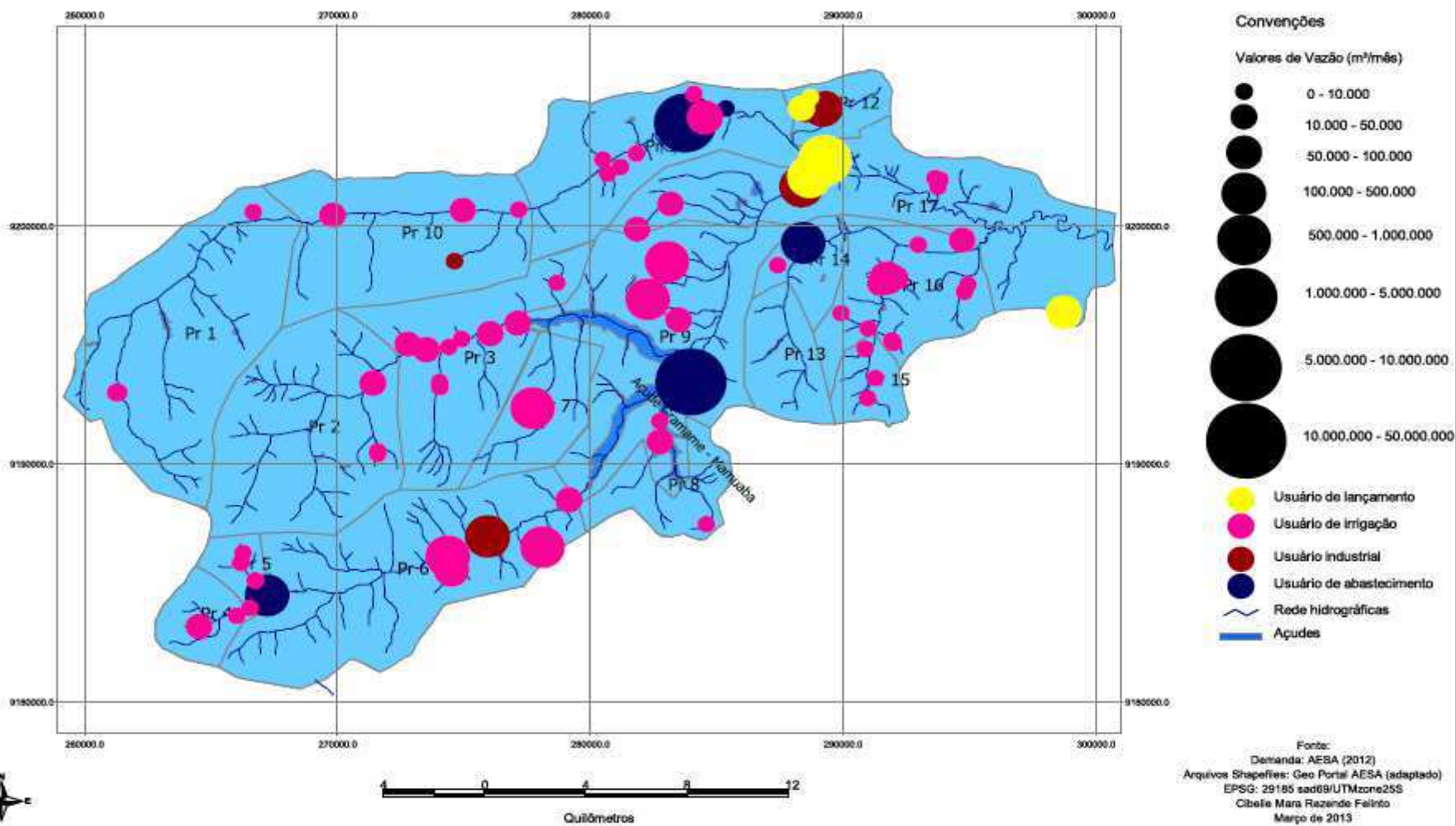
## APÊNDICE

## LISTA DE MAPAS

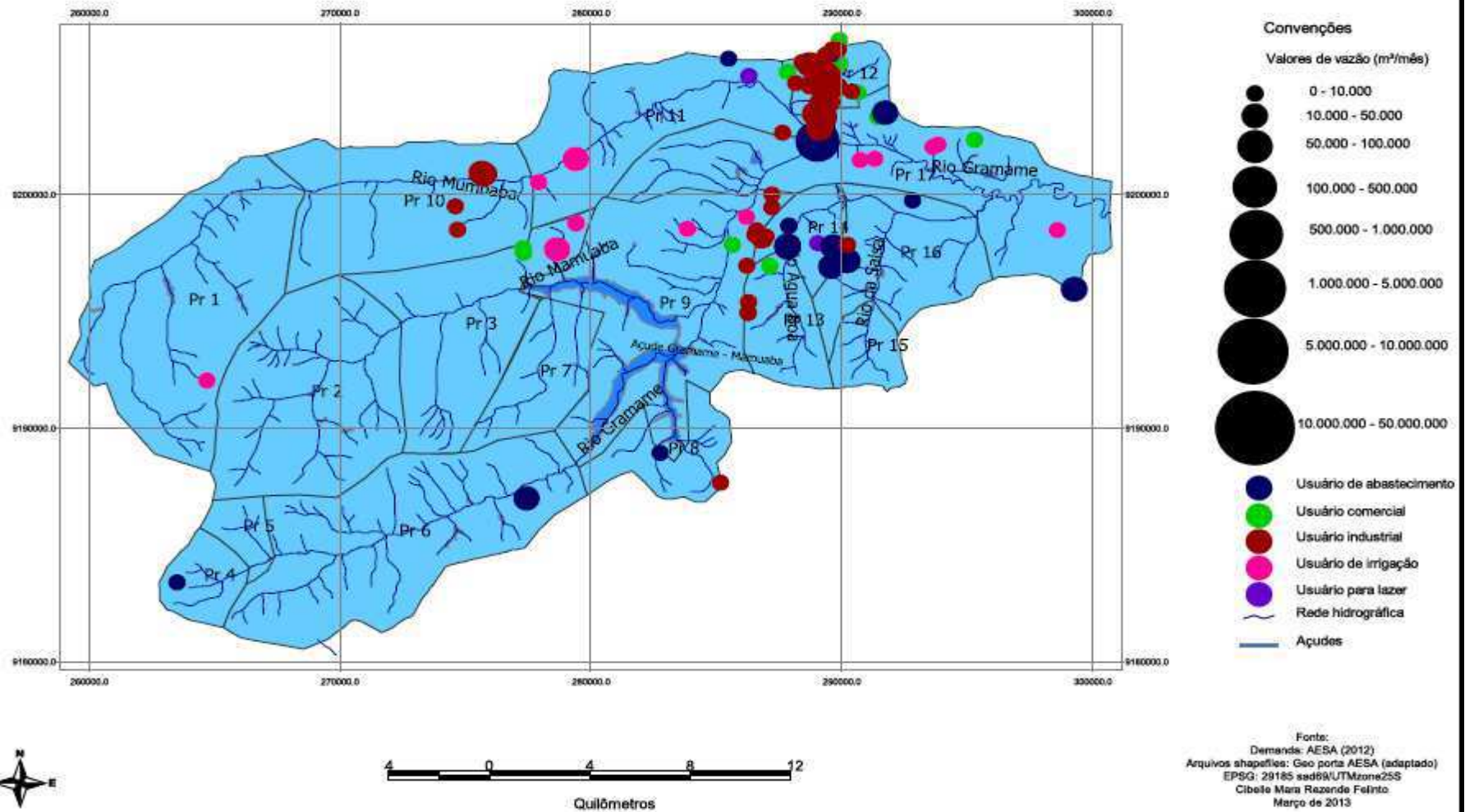
- Mapa 1 - Demanda dos usuários superficiais na Bacia Hidrográfica do rio Gramame ..... **Erro! Indicador não definido.**
- Mapa 2 - Demanda dos usuários subterrâneos na Bacia Hidrográfica do rio Gramame ..... **Erro! Indicador não definido.**
- Mapa 3 - Demanda dos usuários na Bacia Hidrográfica do rio Gramame ..... **Erro! Indicador não definido.V**
- Mapa 4 - Demanda dos usuários superficiais na Bacia Hidrográfica do rio Gramame por ponto de referência ..... **Erro! Indicador não definido.V**
- Mapa 5 - Demanda dos usuários subterrâneos na Bacia Hidrográfica do rio Gramame por ponto de referência ..... VI
- Mapa 6 - Demanda dos usuários na Bacia Hidrográfica do rio Gramame por ponto de referência ..... **VErro! Indicador não definido.**
- Mapa 7 - Vazão outorgável na Bacia Hidrográfica do rio Gramame por ponto de referência ..... **VIErro! Indicador não definido.**
- Mapa 8 - Confronto da oferta com a demanda superficial na Bacia Hidrográfica do rio Gramame ..... **Erro! Indicador não definido.X**
- Mapa 9 - Disponibilidade de água superficial para emissão de novas outorgas na Bacia Hidrográfica do rio Gramame ..... X
- Mapa 10 - Confronto da oferta com a demanda superficial na Bacia Hidrográfica do rio Gramame na previsão de anos chuvoso, seco ou normal**Erro! Indicador não definido.**
- Mapa 11 - Disponibilidade de água superficial na Bacia Hidrográfica do rio Gramame na previsão de um ano chuvoso..... **XErro! Indicador não definido.**
- Mapa 12 - Disponibilidade de água superficial na Bacia Hidrográfica do rio Gramame na previsão de um ano normal ..... **XIErro! Indicador não definido.**
- Mapa 13 - Disponibilidade de água superficial na Bacia Hidrográfica do rio Gramame na previsão de um ano seco ..... **XErro! Indicador não definido.**



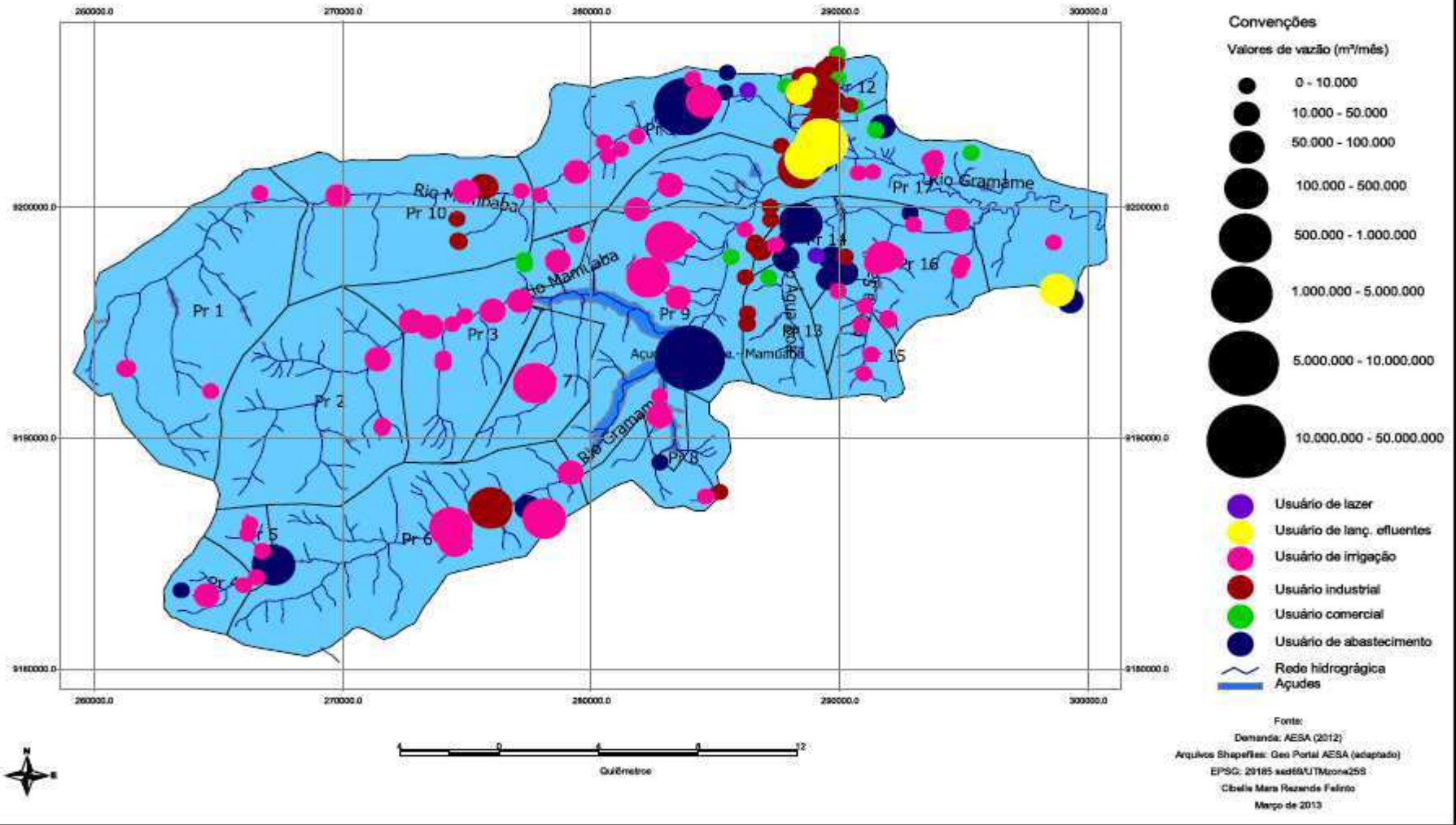
## Bacia do rio Gramame: Demanda dos usuários superficiais



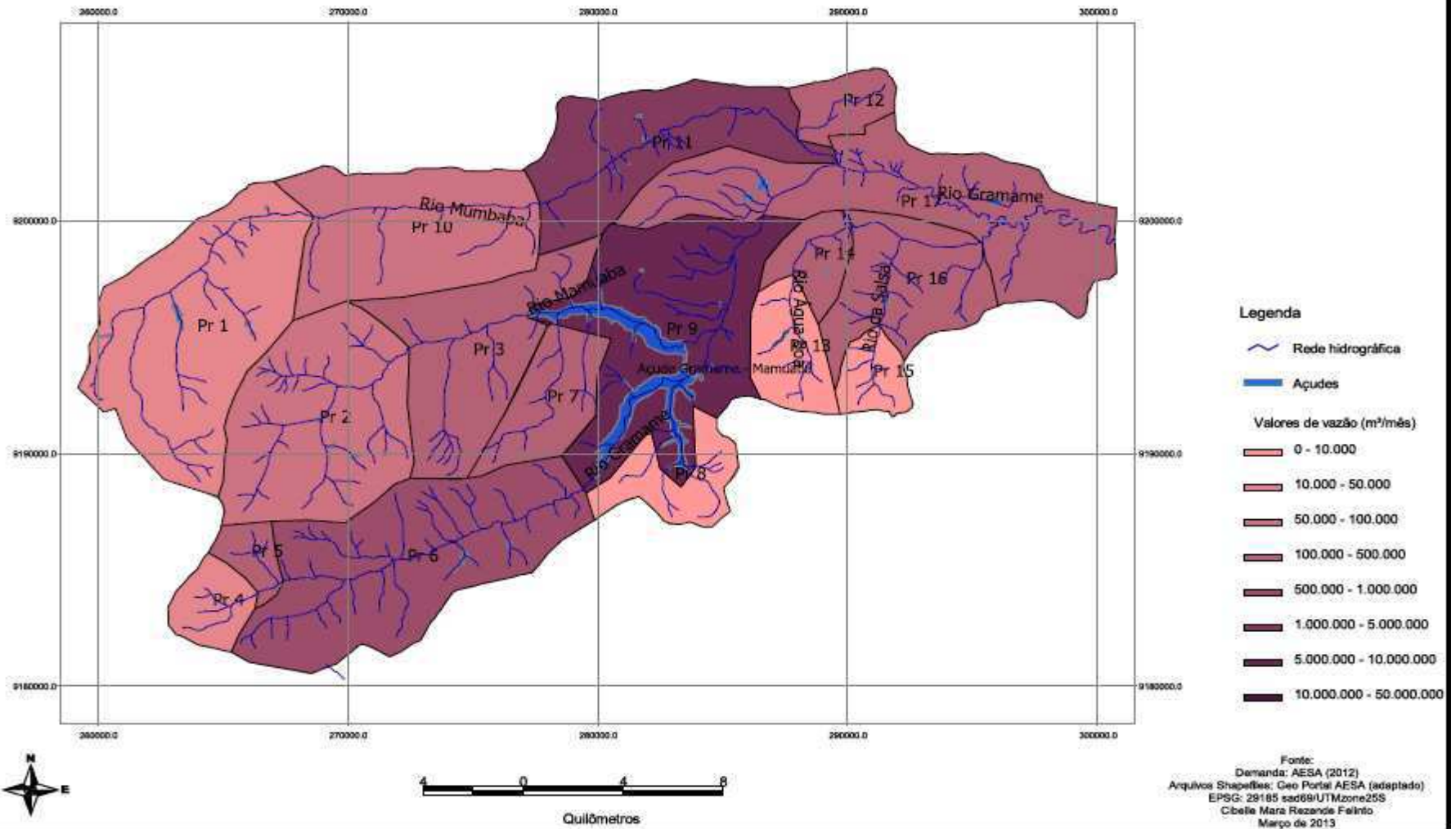
## Bacia do rio Gramame: Demanda dos usuários subterrâneos



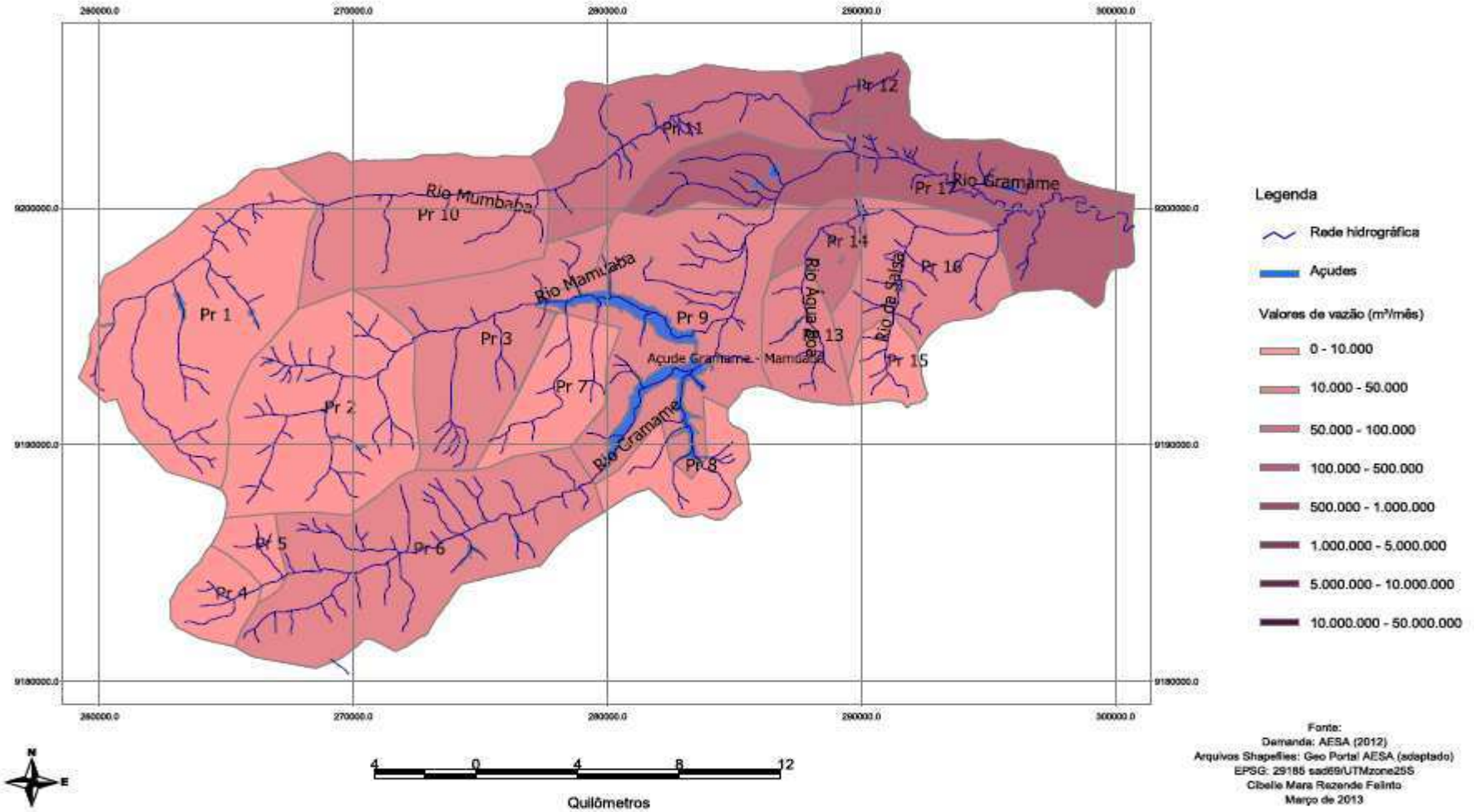
## Bacia do rio Gramame: Demanda dos usuários



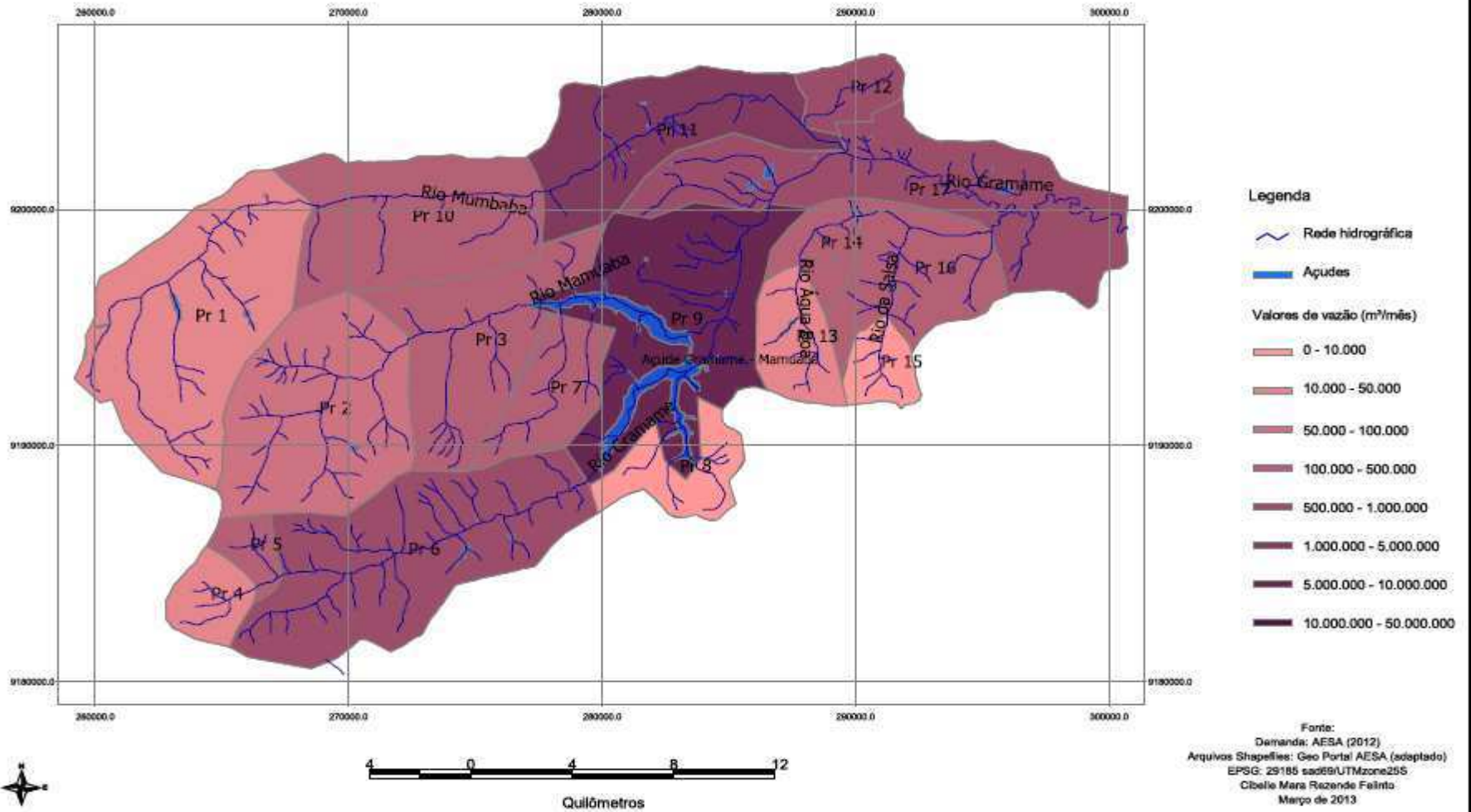
## Bacia do rio Gramame: Análise da demanda (usuários superficiais)



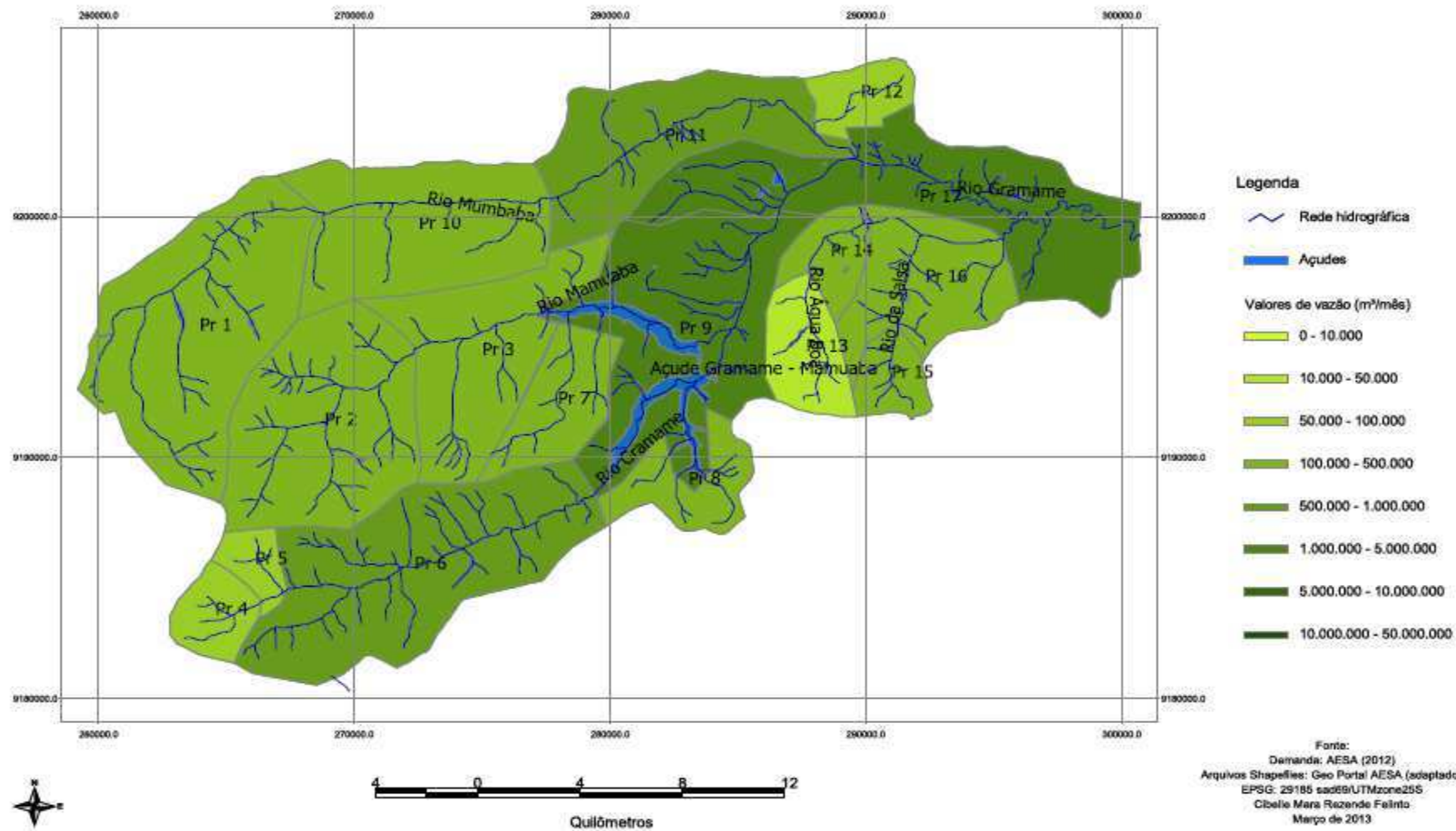
## Bacia do rio Gramame: Análise da demanda (usuários subterrâneos)



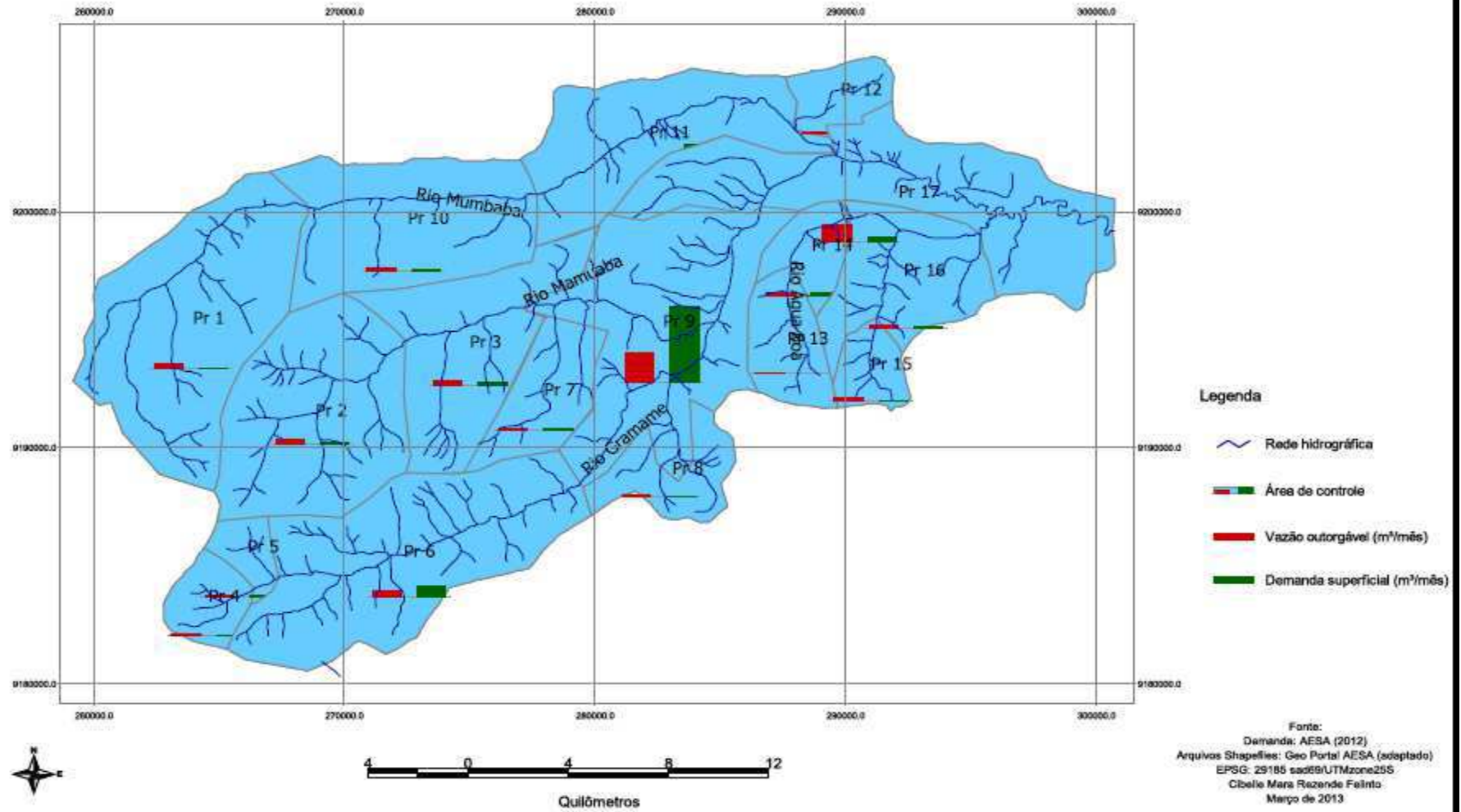
# Bacia do rio Gramame: Análise da demanda



## Bacia do rio Gramame: Vazão outorgável

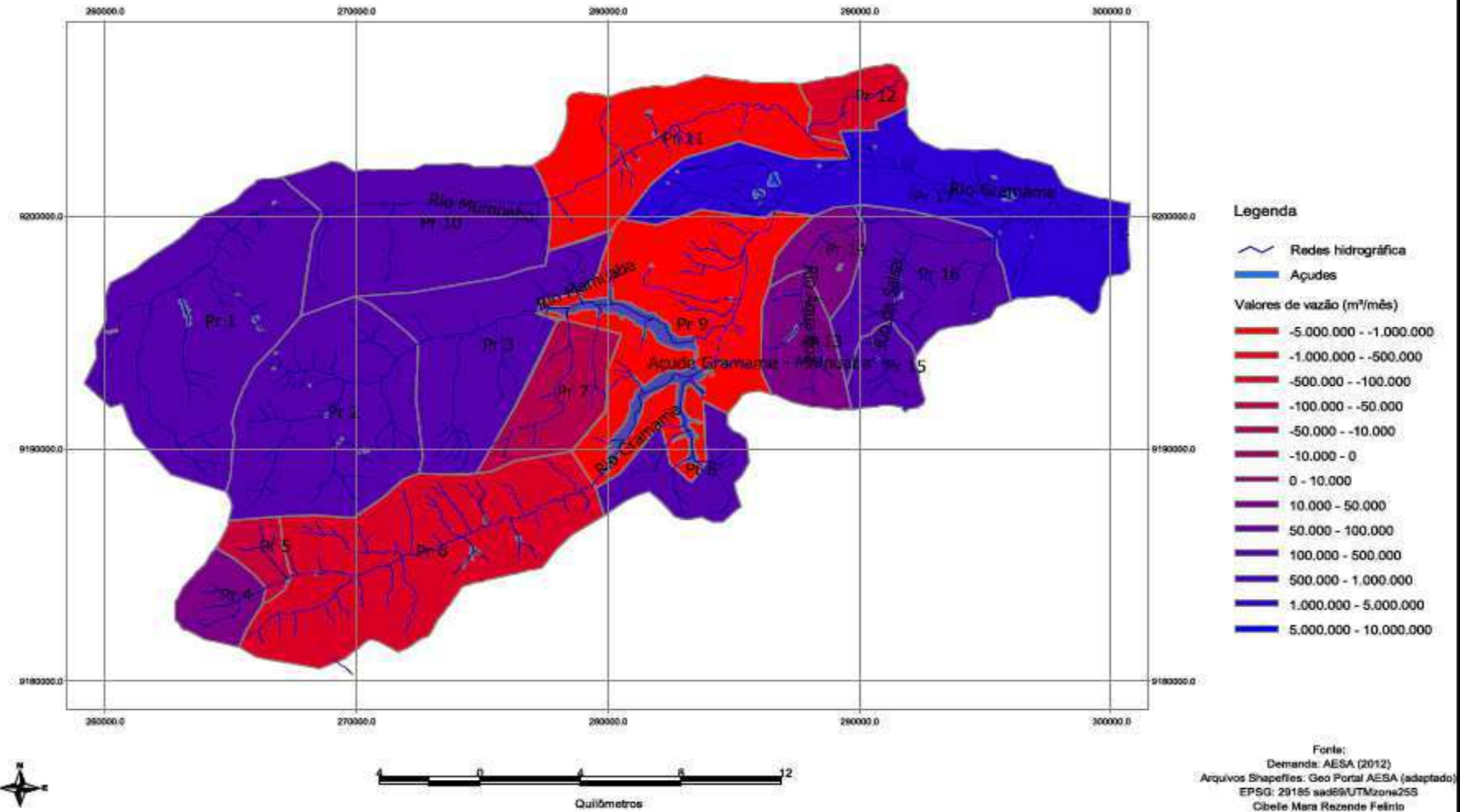


## Bacia do rio Gramame: Confronto da oferta x demanda superficial

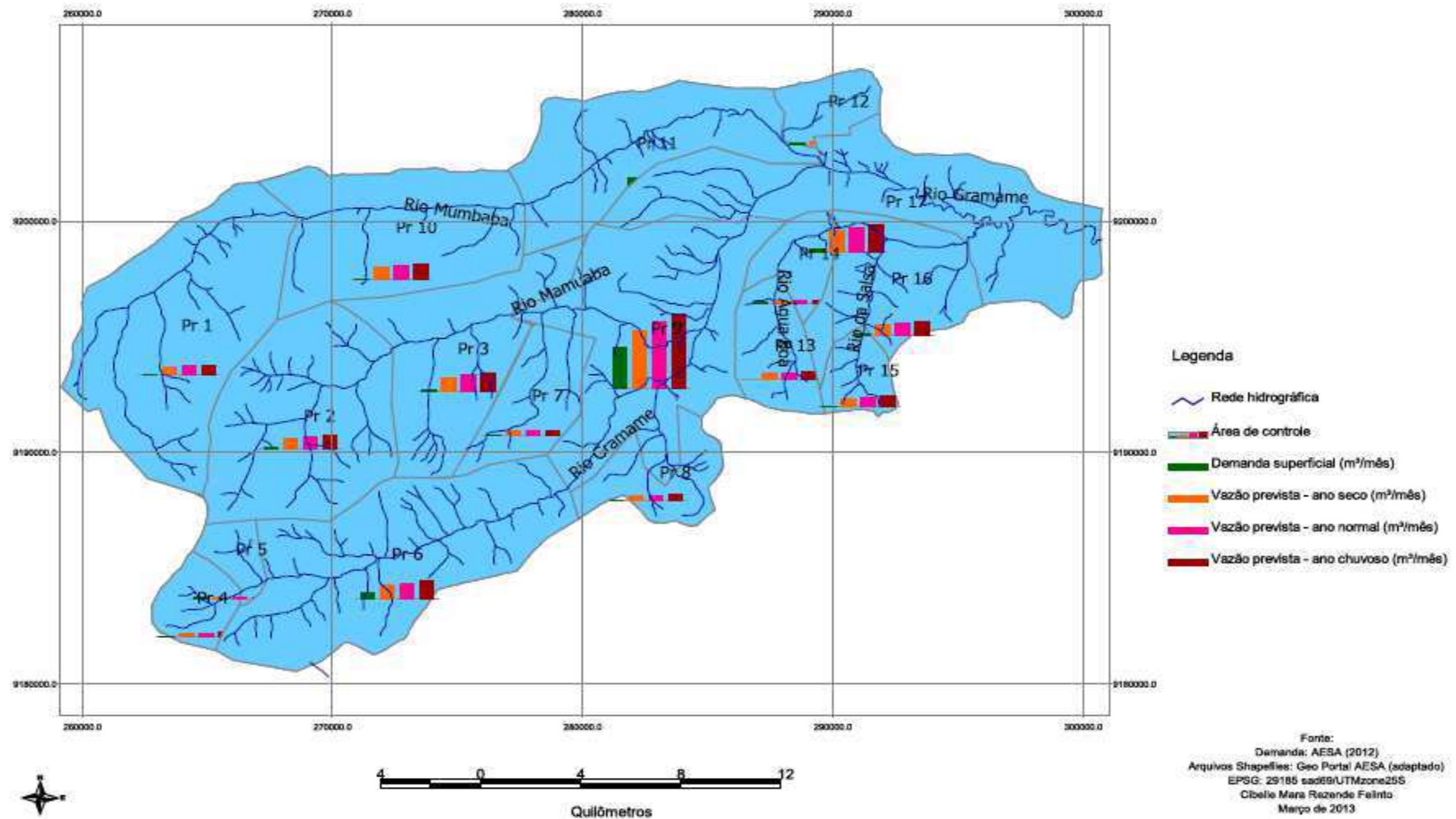




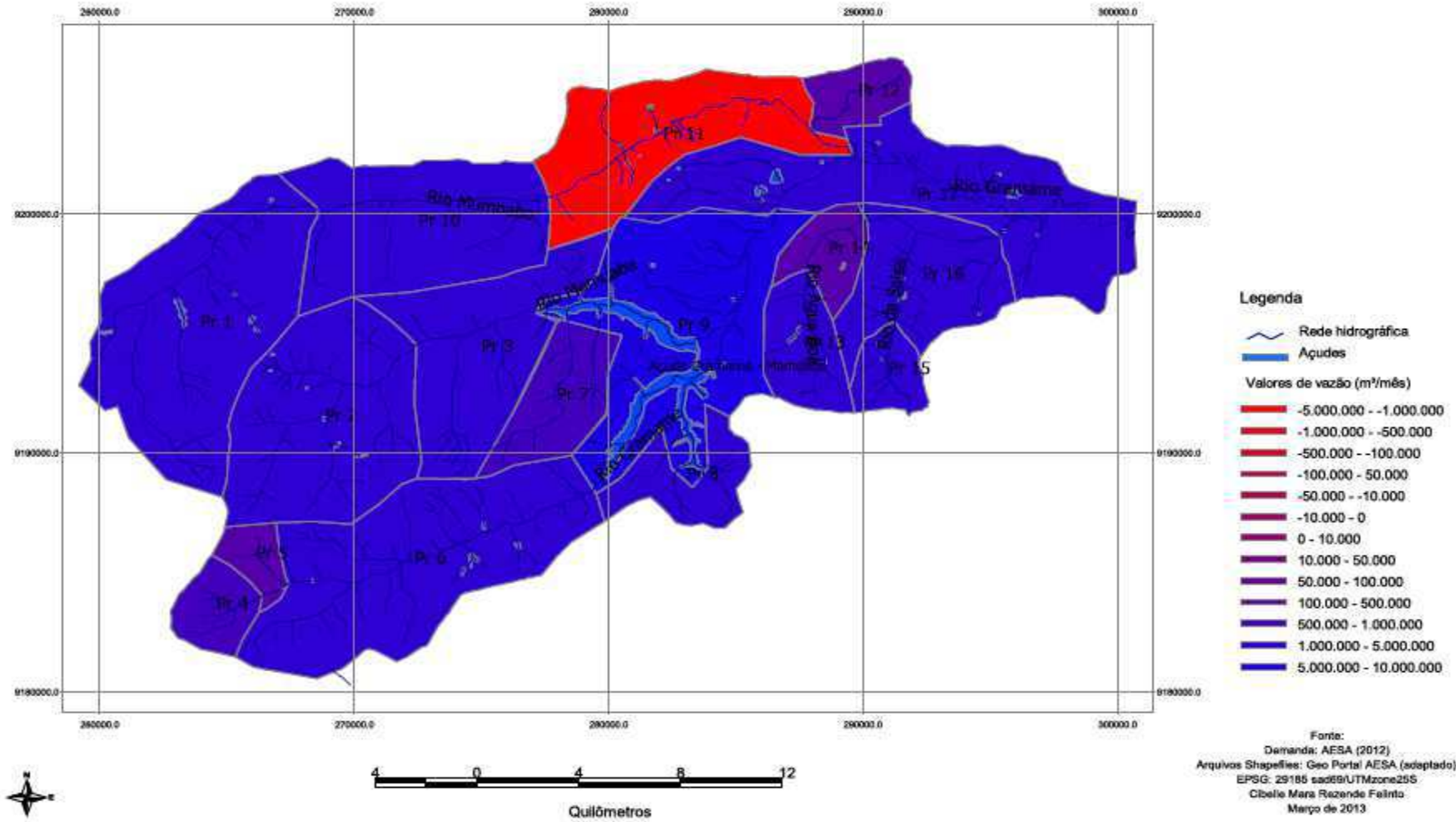
## Bacia do rio Gramame: Disponibilidade de água superficial



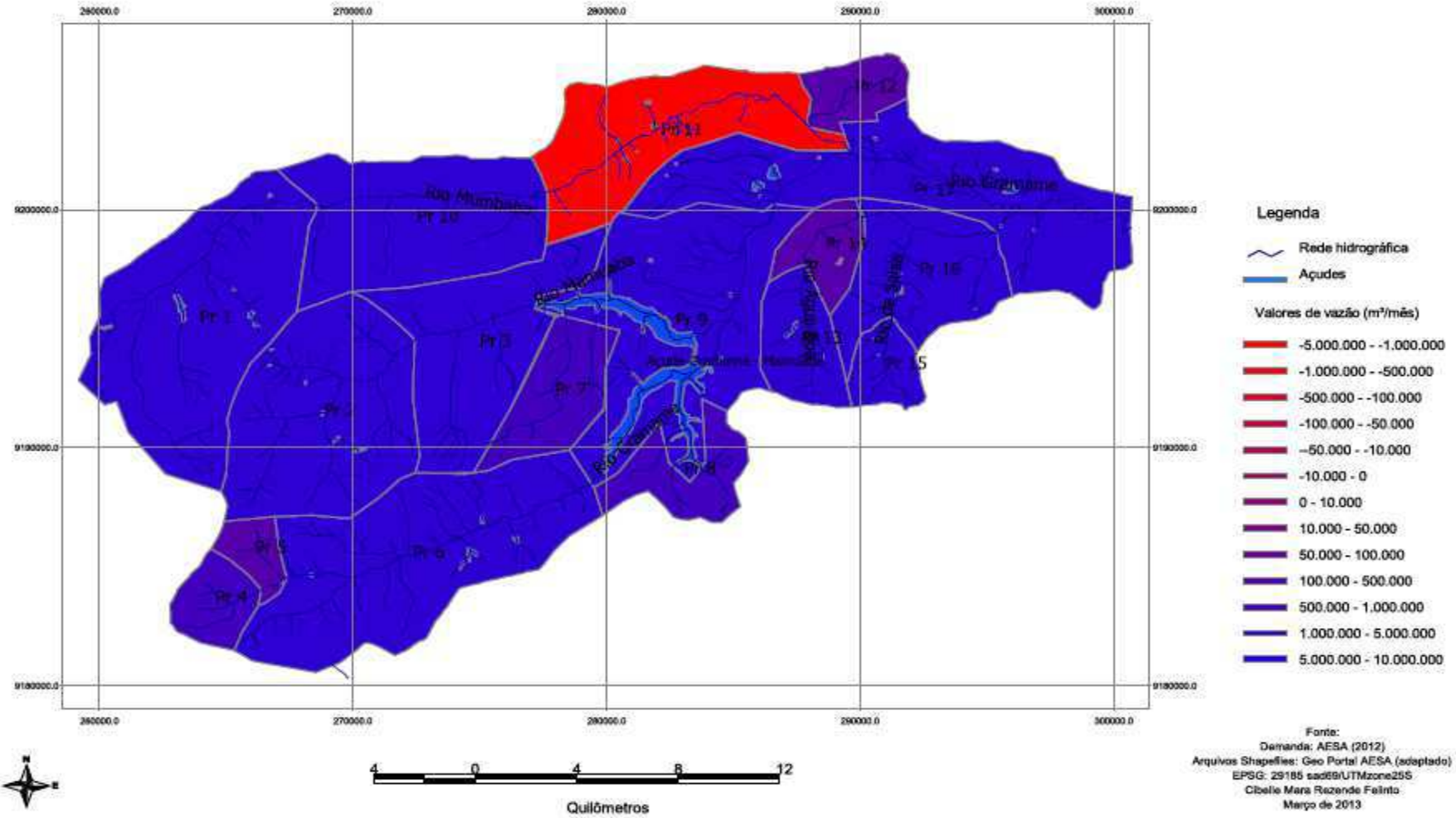
## Bacia do rio Gramame: Confronto da oferta x demanda superficial (Ano Seco, Normal e Chuvoso)



## Bacia do rio Gramame: Disponibilidade de água superficial (Ano Chuvoso)



### Bacia do rio Gramame: Disponibilidade de água superficial (Ano Normal)



## Bacia do rio Gramame: Disponibilidade de água superficial (Ano Seco)

