



Identificação das causas de conflitos pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba, Brasil

Identification of causes of conflicts over water use in the Gramame river basin, Paraíba State, Brazil

Gabriela Cristina Soares RODRIGUES^{1*}, Carmem Lúcia Moreira GADELHA¹, Hamilcar José Almeida FILGUEIRA¹, Elson Santos da SILVA¹

¹ Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brasil.

* E-mail de contato: gaby.ecologia@gmail.com

Artigo recebido em 27 de agosto de 2020, versão final aceita em 8 de junho de 2021, publicado em 1 de junho de 2022.

RESUMO: Aproximadamente 70% da população da região metropolitana da cidade de João Pessoa e diversas comunidades ribeirinhas são abastecidas pela bacia hidrográfica do rio Gramame, que possui um número considerável de nascentes de cursos de água localizadas no município de Pedras de Fogo. O objetivo deste estudo foi construir a matriz de cadeia causal dos conflitos pelo uso da água de três nascentes: Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha; para isso foi necessário analisar o processo de degradação dessas áreas, face aos problemas ambientais e de gestão presentes na bacia hidrográfica do Rio Gramame. A metodologia do estudo foi baseada na realização de caminhadas exploratórias na área das nascentes para: medição de vazão, coleta de água para análise físico-química e registros fotográficos, com o intuito de identificar o processo de degradação ambiental das nascentes estudadas, assim como na aplicação de matriz de cadeia causal, como etapa que se sucedeu ao diagnóstico socioeconômico e ambiental das áreas de abrangência ou em torno das nascentes. Para tanto, foram identificados e classificados, segundo uma ordem de importância, os problemas ambientais e de gestão das águas das nascentes, tendo sido destacado os conflitos pelo uso da água. A partir daí esse problema foi analisado segundo as causas técnicas, gerenciais, político-sociais e econômico-sociais, construindo-se a matriz de cadeia causal. A análise dessas matrizes revelou que os conflitos pelo uso da água se apresentam como problema de prioridade 1 e com tendência crescente nas três nascentes em estudo. Também se verificou que a construção de matriz de cadeia causal é ferramenta útil à formulação e execução de políticas públicas de conservação dos recursos naturais.

Palavras-chave: análise ambiental; matriz de cadeia causal; nascentes.

ABSTRACT: Approximately 70% of the population in the metropolitan region of João Pessoa city, Paraíba State, and several riverside communities are supplied by the Gramame River basin, which has a considerable number of springs of watercourses located in the municipality of Pedras de Fogo. The objective of this study was to build the causal chain matrix of conflicts over the use of water from three springs: Cacimba da Rosa, Nova Aurora, and Fazendinha, for it was necessary to analyze the degradation process of these areas, given the environmental and management problems present in the Gramame River basin. The study methodology was based on exploratory walks in the springs' area for flow measurement, water collection for physical-chemical analysis, and photographic records to identify the process of environmental degradation of the studied springs, as well as in the application of a causal chain matrix, as a step that followed the socioeconomic and environmental diagnosis of the areas covered or around the springs. To this end, the environmental and the springs water management problems were identified and classified in order of importance, highlighting the conflicts over water use. From then on, this problem was analyzed according to technical, managerial, political-social, and economic-social causes, building the causal chain matrix. The analysis of these matrices revealed that conflicts over water use are a priority 1 problem and with an increasing trend in the three springs under study. It was also found that the construction of a causal chain matrix is a useful tool for the formulation and execution of public policies for the conservation of natural resources.

Keywords: environmental analysis; causal chain matrix; springs.

1. Introdução

Nascentes e olhos d'água são considerados afloramentos naturais de água subterrânea, também conhecidos por fonte. Muitos estudos estão sendo realizados em nascentes devido a sua grande contribuição para formação de corpos hídricos (Souza *et al.*, 2019), com diversas abordagens como monitoramento da qualidade da água (Nakamura *et al.*, 2014), avaliação da qualidade da água (Marmontel & Rodrigues, 2015) e para estabelecimento de valores de *background* geoquímico na água subterrânea oriunda de nascentes (Simão *et al.*, 2019).

A qualidade da água de nascentes é influenciada pela interação de diversos fatores como clima, cobertura vegetal, topografia, aspectos referentes à hidrogeologia local, formação geológica, além do tipo, uso e manejo do solo na bacia hidrográfica (Rocha *et al.*, 2008; Marmontel & Rodrigues, 2015).

A proteção das nascentes e, por conseguinte, da qualidade da água está diretamente relacionada

às práticas corretas do manejo da bacia hidrográfica. Esse manejo envolve a elaboração de diagnósticos dos problemas existentes, a identificação dos conflitos pelo uso da água e as propostas para soluções em todos os níveis, incluindo conclusões e recomendações para o planejamento e a gestão ambiental da bacia hidrográfica (Demanbora *et al.*, 2013).

Segundo Bordalo (2019), os conflitos pelo uso da água envolvem a escassez qualitativa decorrente da poluição dos corpos d'água superficiais e subterrâneos, situação de escassez e estresse hídrico quantitativo, assim como baixos níveis de acessibilidade social à população mais necessitada da água doce potável. Rossi & Santos (2018) afirmam que os principais elementos desencadeadores desses conflitos são a desigualdade no acesso, o comprometimento da qualidade ou a poluição de corpos d'água.

A bacia hidrográfica do rio Gramame, localizada no litoral sul do estado da Paraíba, tem importância fundamental no abastecimento público de cerca de 70% da cidade de João Pessoa, sua capital,

e região metropolitana. Essa bacia hidrográfica também abastece os municípios de Pedras de Fogo e Conde, com um número significativo de nascentes localizadas no município de Pedras de Fogo, cujas sedes estão inseridas na sua área de drenagem e várias comunidades ribeirinhas (Gadelha *et al.*, 2001; Neto & Vianna, 2016). No entanto, em estudo realizado nas áreas adjacentes de nascentes nessa bacia, foram identificados baixos desempenhos de indicadores de sustentabilidade ambiental devido à ação antrópica nessas áreas, além da alteração do regime de fluxo da água, devido ao uso crescente e sem controle do solo para a agricultura (Bomfim *et al.*, 2015). Diante disso, existe uma necessidade de avaliar o processo de degradação das áreas em torno dessas nascentes, face aos problemas ambientais e de gestão presentes na bacia hidrográfica do rio Gramame.

Além da importância de se considerar os aspectos naturais, sociais, econômicos e políticos atuantes, de forma integrada e participativa, o processo de planejamento ambiental e de gestão na bacia hidrográfica deve ser permanente e contínuo (Carvalho, 2020).

O uso e a ocupação inadequada do solo, o desmatamento sem controle e a aplicação indiscriminada de fertilizantes e agrotóxicos têm ocasionado diversos problemas ambientais em áreas de nascentes de cursos de água, alterando assim a qualidade e a quantidade de água (Pinto *et al.*, 2004; Santos *et al.*, 2014). Há várias causas de natureza socioeconômica responsáveis pela degradação ambiental de nascentes que não são investigadas, a exemplo do que ocorre na bacia hidrográfica do rio Gramame (Gomes *et al.*, 2005; Blanc *et al.*, 2017).

No entanto, existem ferramentas como a Análise da Cadeia Causal (ACC, do inglês causal *chain*

analysis) que tem o intuito de identificar diretrizes e normas para melhorar a gestão dos recursos hídricos, combinando uma avaliação ambiental estratégica com a melhoria do desenvolvimento socioeconômico da área circundante (Silans *et al.*, 2007). Segundo Silva-Júnior *et al.* (2009), a ACC pode ser considerada uma ferramenta de diagnóstico e planejamento para traçar vias de causa e efeito, dos impactos socioeconômicos e ambientais.

A ACC foi desenvolvida pelo projeto de Avaliação Global de Águas Internacionais (GIWA, do inglês *Global International Waters Assessment*), para relacionar as pressões antrópicas, responsáveis pelos problemas ambientais, com as suas formas de ocorrência (Belausteguiitia, 2004).

A Análise da Cadeia Causal (ACC) é útil para examinar as causas de conflitos em gestão de recursos hídricos, tais como político-gerenciais e socioeconômico-culturais. Silva *et al.* (2017) identificaram pela ACC que a execução frágil das entidades gestoras em exercer suas funções de forma ordenada, articulada e integrada agravaram os problemas institucionais dos recursos hídricos da sua área de estudo.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi construir uma matriz de cadeia causal dos conflitos pelo uso da água de três nascentes da bacia do rio Gramame: Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha.

2. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Gramame, localizada no litoral sul do estado da Paraíba, tem importância fundamental por abastecer, com água, cerca de 70% da cidade de João Pessoa, sua capital, e região

metropolitana. Assim como também abastece os municípios de Pedras de Fogo e Conde, cujas sedes estão inseridas no seu espaço e várias comunidades ribeirinhas (Gadelha *et al.*, 2001).

De característica essencialmente rural, nessa bacia as atividades de irrigação têm se destacado para racionalizar e intensificar a produção agrícola, que tem ocasionado um elevado consumo de fertilizantes e defensivos agrícolas (inseticidas, fungicidas e herbicidas) em grandes áreas, inclusive em torno de nascentes importantes de rios, como o Gramame, e a montante do ponto de captação de água para sistemas públicos de abastecimento, com risco de contaminação da água (Gadelha *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2002; Nunes & Castilho, 2017).

A área total de estudo está localizada no município de Pedras de Fogo (Figura 1), onde nascem os maiores e mais importantes rios que compõem a bacia hidrográfica do rio Gramame (rio principal), Mamuaba e Mumbaba. Compreende três nascentes que foram selecionadas dentre as 71 catalogadas nessa bacia (Bomfim, 2013). Dessas nascentes, duas estão localizadas na sub-bacia hidrográfica do rio Gramame: Cacimba da Rosa (coordenadas UTM, SAD 69, Zona 25, Hemisfério Sul: 9.181.542m N e 265.632m E) e Nova Aurora (9.182.495m N e 263.233m E); e uma está inserida na sub-bacia hidrográfica do rio Mumbaba, na Comunidade Fazendinha (9.192.080m N e 262.473m E) (Soares *et al.*, 2014). Tais nascentes foram selecionadas pois, após várias visitas ao campo, constatou-se serem representativas para as comunidades locais pelo uso da água na agricultura familiar, além do fácil acesso (Soares, 2015).

O município Pedras de Fogo está inserido na Região Geográfica Intermediária de João Pessoa e na Região Geográfica Imediata de João Pessoa

(IBGE, 2017). Segundo a classificação do Koppen (1948), Pedras de Fogo apresenta o clima do tipo AS', quente úmido com chuvas de abril a julho.

3. Material e métodos

3.1. Monitoramento das nascentes

Foram realizadas caminhadas exploratórias na área das nascentes no período de 2013 a 2014 para medição de vazão, coleta de água para análise físico-química e registros fotográficos, com o intuito de identificar o processo de degradação ambiental das nascentes estudadas. Realizou-se também visitas em órgãos públicos, como a prefeitura municipal de Pedras de Fogo/PB e a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) de Pedras de Fogo, para buscar informações locais sobre a temática abordada.

Realizaram-se as seguintes análises das amostras de água coletadas das nascentes estudadas: temperatura, pH, cor verdadeira, turbidez, condutividade, sólidos dissolvidos totais (SDT), alcalinidade, acidez, cloreto total, dureza total, sulfato total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DQO), amônia, nitrito e nitrato.

Foram coletadas três amostras de cada nascente em julho e outubro de 2014 contemplando o período chuvoso e de estiagem da região, onde foram calculadas as médias aritméticas para cada mês de coleta. As vazões foram medidas pelo método simplificado para poços rasos conforme Daker (1983). As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de saneamento, Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus I,

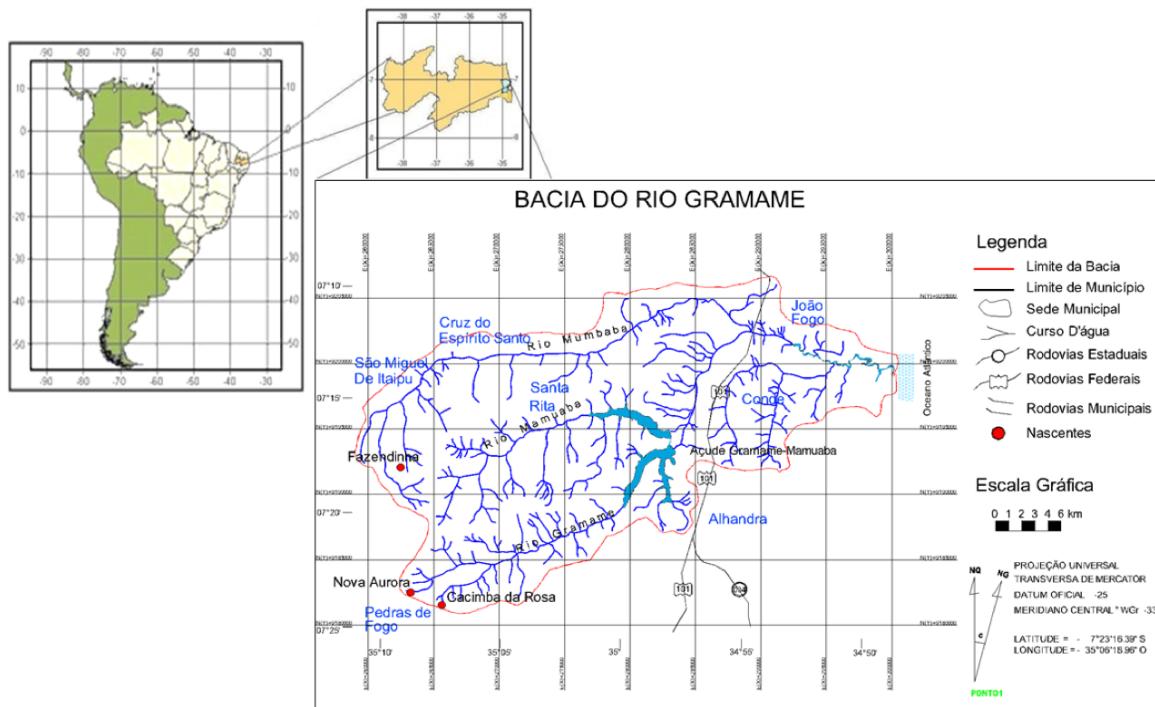


FIGURA 1 – Localização geográfica das áreas de estudo na bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba.

FONTE: adaptada de Filgueira *et al.* (2010).

João Pessoa, PB. Todos os procedimentos de coleta, acondicionamento e preservação das amostras, assim como as análises, foram realizados conforme métodos especificados em Rice *et al.* (2012).

3.2. Elaboração das matrizes de cadeia causal

Para cada uma das nascentes, Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha, foi construída a matriz de cadeia causal para avaliar a ocorrência de conflitos pelo uso da água no seu entorno. Essa construção sucedeu a elaboração de diagnósticos so-

cioeconômicos e ambientais realizados por (Costa, 2011; Bomfim *et al.*, 2015) que serviram como base para os resultados aqui apresentados.

A construção dessas matrizes foi realizada com base na metodologia proposta por UNEP (2004) e Silans *et al.* (2007), na qual o problema/tema, ou seja, conflitos pelo uso da água das nascentes, foi classificado, segundo a ordem de importância, entre os demais detectados na área de estudo. Esse problema/tema foi analisado segundo as causas técnicas, gerenciais, político-sociais e econômico-culturais, quais sejam:

i. Causas técnicas – são aquelas cuja minimização dos efeitos necessita de soluções técnicas. Muitas vezes as soluções técnicas são inviáveis ou não foram adotadas por falta de ações gerenciais, de políticas públicas, regulamentações, ou mesmo da falta de condições econômicas e/ou culturais.

ii. Causas gerenciais – são as que, quando minimizadas, permitem uma melhor organização das ações programadas e uma melhor operação do sistema, facilitando, em todos os casos, as tomadas de decisões.

iii. Causas político-sociais – são aquelas que se manifestam por meio de um desequilíbrio ou um desordenamento de questões sociais ou políticas. São geralmente minimizadas com a implantação de políticas públicas, redefinições de arranjos institucionais e legais e de regulamentações.

iv. Causas econômico-culturais – são as estabelecidas e bastante sedimentadas por motivos de ordem cultural ou econômica.

Em cada uma dessas causas, foram identificadas as evoluções do problema, isto é, se tendem a aumentar (símbolo, ↑), a permanecer com a mesma gravidade (→), ou a diminuir (↓), assim como, a ordem de prioridade (mais importante, secundária e menos importante) (Soares *et al.*, 2014; Soares, 2015).

Também foram estabelecidas as prioridades de ação sob a forma de nota variando de 1 (um) a 3 (três), sendo 1 correspondente à maior prioridade e 3 à menor. Essas tendências de avanço dos problemas e das causas foram representadas na forma de cor. A cor é vermelha quando o problema ou causa possui uma tendência a aumentar. A amarela quando não deve evoluir naturalmente no tempo no sentido de piorar/melhorar e verde quando o problema ou

causa tende a diminuir.

As causas dos problemas críticos foram definidas segundo sua tipologia e organizadas seguindo um determinado encadeamento, culminando nas diretrizes e recomendações de ações para eliminar ou minimizar o problema.

4. Resultados e discussão

A partir dos trabalhos em campo, da análise das informações fornecidas pelos órgãos públicos e dos resultados da qualidade da água, assim como pela análise dos diagnósticos socioeconômicos e ambientais realizados (Costa, 2011; Bomfim *et al.*, 2015), constatou-se a ocorrência de conflitos pelo uso da água nas três nascentes estudadas da bacia do rio Gramame.

Foi verificado que os conflitos pelo uso da água se apresentam como problema de prioridade 1 e com tendência crescente (↑), nas três nascentes em estudo. Esses conflitos ocorrem em termos de **destinação de uso**, que ocorre pela água sendo utilizada para vários fins (consumo humano, irrigação, dessedentação animal, lavagem de veículos e de animais), **disponibilidade qualitativa** (qualidade da água), que afeta o equilíbrio na utilização múltipla da água das nascentes, pois algumas atividades podem causar modificações nas suas características, em prejuízo de outras (degradação em torno da nascente devido as atividades humanas), e **disponibilidade quantitativa**, que se dá entre a oferta e a demanda da água (múltiplo uso da água, incerteza sobre o volume ofertado de água, variação climática, falta de conhecimento das demandas atuais e futuras). Desta forma, esses conflitos pelo uso da água foram utilizados para construção da matriz de

cadeia causal de cada nascente.

As associações entre as causas técnicas, gerenciais, político-sociais e econômico-culturais, e sua importância relativa aos conflitos pela água, estão indicadas nas Matrizes (Figuras 2, 3 e 4), onde para cada uma das causas foram atribuídas notas de prioridades. As tendências de evolução dos problemas e das causas nessa matriz foram representadas pela cor, conforme descrita na metodologia.

Observa-se nas matrizes (Figuras 2, 3 e 4) que, em geral, as nascentes estudadas apresentaram causas semelhantes para o problema identificado, porém com tendências diferentes. As principais causas técnicas identificadas por meio da matriz de cadeia causal nas três nascentes foram: degradação em torno da nascente; alteração da qualidade da água; incerteza sobre o volume ofertado de água; incerteza climática; falta de conhecimento sistemático das demandas atuais e futuras; e o uso múltiplo da água (consumo humano, irrigação, dessedentação animal e lavagem de veículos).

Com relação às causas gerenciais, foram identificadas aquelas com tendência constante para as nascentes estudadas, quais sejam: falta de aplicação do zoneamento de uso e ocupação do solo; ausência de monitoramento qualquantitativo da água; falta de uma associação dos usuários da água; falta de controle sobre os usos da água; indefinição sobre quem organiza o uso da água da nascente; e falta de fiscalização dos usuários da água.

Wang *et al.* (2009) analisaram o nível de degradação ambiental no rio Taihu aplicando a Análise de Cadeia Causal (ACC) associada à Análise de Diagnóstico Transfronteiriço (ADT). Nesse estudo, a poluição foi constatada como o problema de maior preocupação ambiental da área de estudo, entre as suas principais causas: a falta de capacidade

institucional, monitoramento insuficiente e falta de aplicação da lei foram identificadas. Para os autores, a ACC se mostrou eficiente para identificar questões transfronteiriças complexas e ajudou a desenvolver políticas visando mitigar problemas ambientais em escalas regional, provincial e nacional.

As causas político-sociais identificadas com tendência constante para as nascentes estudadas foram: falta de aplicação de diretrizes políticas para o aproveitamento múltiplo da água como fator propulsor do desenvolvimento socioeconômico; falta de atualização do plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Gramame; falta de aplicação do plano diretor municipal; e falta de um instrumento regulador tais como, os planos de recursos hídricos, enquadramento dos corpos de água em classes de uso preponderantes e a outorga de direitos de usos da água.

Por fim, as causas econômico-culturais identificadas foram: falta de valorização da nascente como propulsora de sustentabilidade; falta de valorização da nascente enquanto contribuinte para a formação dos corpos hídricos; desconhecimento do valor econômico da água; e falta de consciência coletiva no trato do bem público. É importante destacar que estas se apresentaram com tendência constante, com exceção para falta de valorização da nascente enquanto contribuinte para a formação dos corpos hídricos que foi identificada como tendência crescente e prioridade 1 para as nascentes estudadas.

Silva *et al.* (2010) aplicaram a Análise de Cadeia Causal (ACC) para identificar problemas e impactos ambientais prioritários e as relações destes com diferentes causas imediatas, setoriais e raízes relacionados ao desenvolvimento do potencial hidroelétrico no ecossistema aquático do rio Tocantins. Nesse estudo, os autores afirmam que a

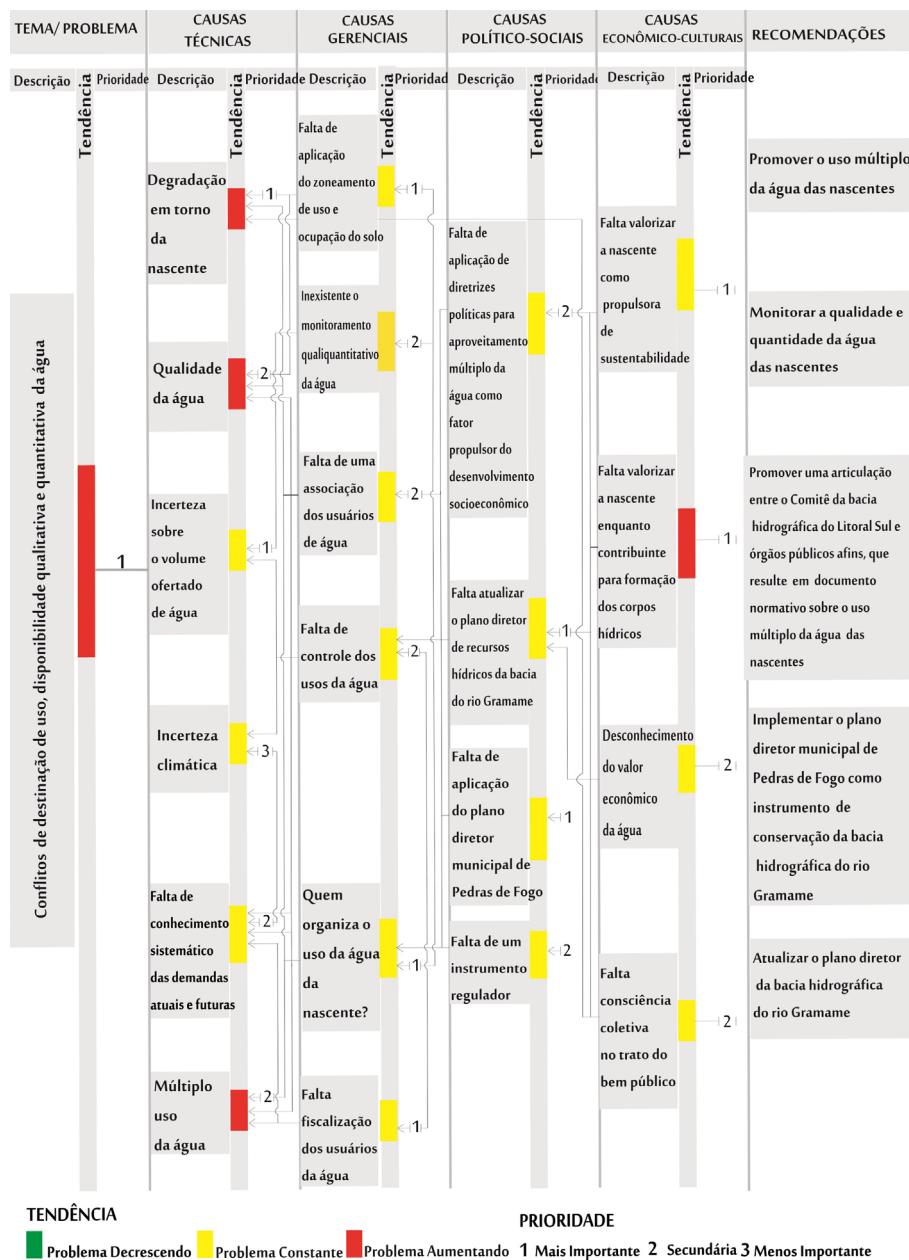


FIGURA 2 – Matriz de cadeia causal: conflitos de destinação de uso, disponibilidade qualitativa e quantitativa da água nas áreas em torno da nascente Cacimba da Rosa, Pedras de Fogo, PB.

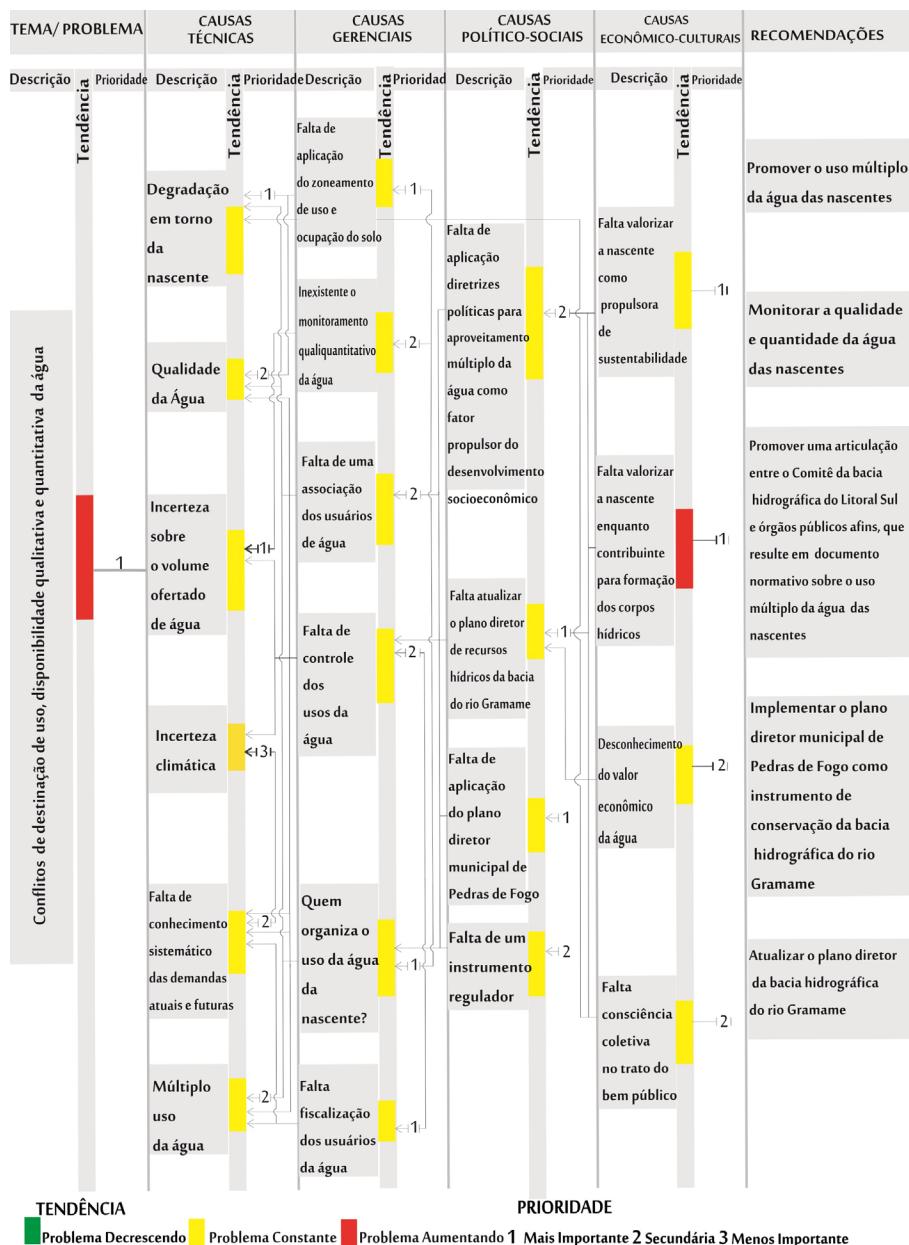


FIGURA 3 – Matriz de cadeia causal: conflitos de destinação de uso, disponibilidade qualitativa e quantitativa da água nas áreas em torno da nascente Nova Aurora, Pedras de Fogo, PB.

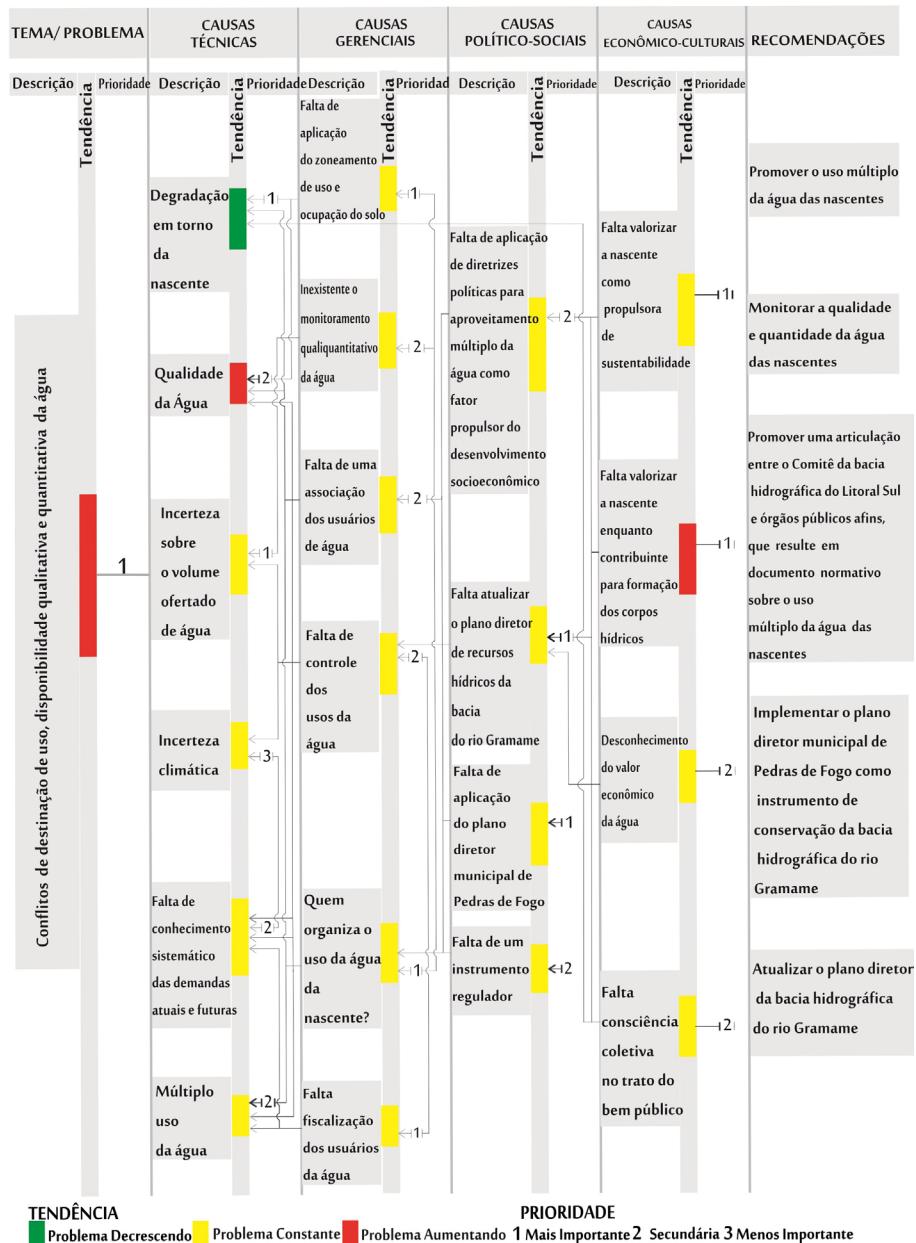


FIGURA 4 – Matriz de cadeia causal: conflitos de destinação de uso, disponibilidade qualitativa e quantitativa da água nas áreas em torno da nascente Fazendinha, Pedras de Fogo, PB.

utilização da ACC foi útil no diagnóstico ambiental e socioeconômico, cujo foco não são os impactos ambientais em si mesmos, mas as atividades humanas, além das falhas e fragilidades institucionais que levam a tais impactos como forma de melhor posicionar os tomadores de decisão para formulação de opções políticas efetivas.

Na ACC construída para a área no entorno da nascente Cacimba da Rosa (Figura 2), observa-se que a causa técnica degradação ambiental apresenta-se com uma tendência crescente (cor vermelha) e com prioridade 1. Essa causa técnica está diretamente relacionada com várias causas gerenciais, principalmente quanto à falta de aplicação dos documentos distintos como o zoneamento de uso e ocupação do solo, de fiscalização e controle e de uma associação dos usuários da água no município de Pedras de Fogo.

Além disso, esse fato tem ligação direta com as causas político-sociais como: a atualização do plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Gramame, atuação mais efetiva do comitê de bacias hidrográficas do Litoral Sul e a falta de elaboração do plano diretor municipal no sentido mais amplo. Esses fatores apresentam relação com causas econômico-culturais, como: desconhecimento do valor econômico da água, falta de valorização da nascente como propulsora de serviços ecossistêmicos e de contribuinte para formação dos corpos hídricos.

De acordo com informações de moradores da área de estudo, a nascente Cacimba da Rosa, por exemplo, já foi bem conservada e possuía significativa diversidade de espécies da fauna e flora nativa. Apresentava uma boa vazão, sendo considerada a principal fonte de água para o abastecimento de parte dos habitantes da região. Porém, com o

crescimento do município de Pedras de Fogo, a degradação aumentou de forma acelerada devido ao uso inadequado do solo, principalmente para práticas agrícolas e pecuárias com reduzido controle ambiental. É importante destacar a construção de uma casa de farinha a montante da área de captação da nascente, que contribui para sua degradação (causa técnica). Isso ocorre devido a manipueira produzida e despejada a céu aberto sem nenhum tipo de tratamento, como foi observado em visita ao campo (Figura 5).

As informações dadas pelos moradores da área da nascente Cacimba da Rosa foram confirmadas em campo. Ainda foi possível verificar que o seu entorno se encontra bastante compactado devido à construção de um anel viário na região. Segundo Costa (2011), percebe-se a extinção das espécies da fauna e flora nativas, a predominância do cultivo das culturas de batata-doce, inhame e macaxeira, com utilização de defensivos agrícolas, geralmente aplicados de forma inadequada, acarretando danos ao solo, à biota e aos recursos hídricos.

Durante o período de estudo, ocorreu o soterramento da nascente Cacimba da Rosa (Figura 5), devido à movimentação de terra provocada pelas chuvas locais juntamente com o despejo de manipueira produzida por uma casa de farinha a montante e bem próxima à captação de água. Esse fato comprometeu a quantidade e qualidade de água local (Tabela 1). Também se constatou que o cercamento realizado pelo projeto “Análise do potencial de ações integradas para a restauração das funções ecológicas nas nascentes do rio Gramame (PB), sob a influência de unidades rurais de produção familiar” (Edital MCT-CNPq-CT-Agronegócio-CT-Hidro-Nº27/2008, processo 574633/2008-1) (Filgueira, 2012) num raio de 25 metros em torno

da nascente, limite permitido pelo proprietário da área, foi parcialmente derrubado (Figura 6), para a entrada de animais e caminhões que utilizam a água para lavagem. Desta forma é frequente a presença de animais e pessoas no local (Figura 7).

A Figura 3, correspondente à matriz de cadeia causal construída para a área em torno da nascente Nova Aurora, indica que a causa técnica da degradação ambiental se apresenta com prioridade 1 e com tendência constante (cor amarela),



FIGURA 5 – (a) Nascente Cacimba da Rosa antes do soterramento, Pedras de Fogo-PB. (b) Situação de degradação ambiental na nascente Cacimba da Rosa após chuva intensa que ocasionou o seu soterramento, Pedras de Fogo-PB.

FONTE: Soares (2015).



FIGURA 6 – Destrução da cerca de proteção da área no entorno da nascente Cacimba da Rosa, Pedras de Fogo, PB, por ação antrópica. FONTE: Soares (2015).



FIGURA 7 – Presença de animais no entorno da nascente Cacimba da Rosa, Pedras de Fogo, PB.

FONTE: Soares (2015).

diferentemente da nascente Cacimba da Rosa, em que esse problema é crescente.

Caracterizada como difusa, a nascente Nova Aurora (Figura 8) está inserida na fazenda de mesmo nome, que foi desmembrada e vendida para o Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA), que, por sua vez, instalou um assentamento rural, repassando lotes para pequenos agricultores. A partir desse loteamento, quando a terra foi destinada a usos diversificados, destinados para objetivos diferentes, a nascente sofreu impactos ambientais, boa parte deles de caráter irreversível. São vinte e quatro lotes no entorno, com diferentes atividades, como agricultura de subsistência (milho, feijão, mandioca e inhame), plantação de cana-de-açúcar e criação de bovinos e caprinos. Como consequência ocorre o uso inadequado da água, lançamento de esgotos domésticos, uso de agrotóxicos, entre outros impactos diretos na nascente.

Segundo Costa (2011), na área em torno dessa

nascente, a flora e a fauna nativas foram gradativamente reduzidas, para a exploração agrícola, principalmente, em alguns lotes para cultura da cana-de-açúcar e para pequenas lavouras como batata-doce, mandioca, inhame e abacaxi, entre outras.

A nascente Fazendinha, do tipo pontual, está inserida em área de assentamento, mas, apesar dos produtores rurais fazerem diferentes usos da terra, a vegetação não foi retirada de forma a necessitar de reflorestamento (Figura 9). Desta forma, entre as três nascentes estudadas, Fazendinha se diferencia pela presença de espécies vegetais de grande porte em seu entorno. Assim, a matriz de cadeia causal sobre os conflitos pela água na área do entorno da nascente Fazendinha (Figura 4) mostra que a causa técnica de degradação ambiental se apresenta com uma tendência decrescente (cor verde) e prioridade 1. No entanto, nas visitas ao campo, observou-se que a população local tem o hábito de lavar roupas diretamente sobre a estrutura que a protege. Esse

fato pode provocar a poluição do solo e a redução da qualidade da água. Além disso, a população deixa no local embalagens vazias de produtos de limpeza e sacolas de sabão em pó, entre outros resíduos.

Informações coletadas com a população local mostraram que na área da nascente Fazendinha já existiu, operando de forma intensa, um engenho de moagem de cana-de-açúcar, mas, mesmo assim, o seu proprietário sempre a protegeu. A população local continuou mantendo no seu entorno a vegetação nativa. Depois da desativação do engenho, o terreno foi adquirido pelo INCRA para a instalação de um assentamento rural que recebeu o nome de comunidade Fazendinha.

Bomfim *et al.* (2015), em estudo realizado no período de 2010-2012, verificaram, na água das três nascentes estudadas, baixa concentração de oxigênio dissolvido (OD), comparado ao seu Valor Mínimo Permitido (VMiP) de 6,0 mgL⁻¹O₂) para a classe I de qualidade da água, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 (CONAMA, 2005).



FIGURA 8 – Ponto de captação de água da nascente difusa Nova Aurora, Pedras de Fogo, PB.

FONTE: Soares (2015).

Como as nascentes não são enquadradas na Resolução supracitada e considerando que a população utiliza a água sem o devido tratamento, os resultados de qualidade da água deste trabalho foram comparados com os valores de Classe I.

Os valores de OD nas nascentes (Tabela 1) sofreram poucas alterações com relação aos obtidos por Bomfim *et al.* (2015) e podem estar associados à baixa oxigenação em áreas com pequena velocidade do fluxo, não desconsiderando a ocorrência da poluição da água pela população. Em visitas de campo, foram verificados no entorno das nascentes embalagens vazias de materiais de limpeza.

Ainda, de acordo com esse autor, os resultados dos coliformes termotolerantes para todas as nascentes se mantiveram, no geral, dentro do limite máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para água doce da classe I. Com relação ao pH, as águas das nascentes apresentaram valor médio de 6,0, no limite estabelecido pela Resolução para a classe I de qualidade da água.



FIGURA 9 – Nascente Fazendinha, Pedras de Fogo, PB.

FONTE: Soares (2015).

Para a nascente Cacimba da Rosa, o valor de nitrato ultrapassou o máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 que é de 10 mgL⁻¹ N. Biguelini & Gumi (2012) consideram que concentrações maiores que 10 mg/L de nitrato podem ser fatais para crianças com idades inferiores há seis meses, além de provocar danos à saúde dos animais. O alto valor de nitrato medido pode estar relacionado à presença de maniqueira produzida por uma casa de farinha, verificada no entorno da nascente. No entanto, não se descarta outras fontes poluidoras como excrementos de animais e defensivos agrícolas.

Fleck *et al.* (2015) consideram que, em um curso de água, a determinação da forma predominante

do nitrogênio pode fornecer indicações a respeito do período da poluição ocasionada pelo lançamento de poluentes orgânicos a montante do ponto de análise. Se essa poluição for recente, o nitrogênio estará principalmente na forma de amônia e, se antiga, basicamente na de nitrato.

A Figura 3, da cadeia causal dos conflitos pela água no entorno da nascente Nova Aurora, mostra que a causa técnica qualidade da água apresenta-se constante (cor amarela) e com prioridade 2. Já as Figuras 2 e 4, correspondentes às cadeias causais das nascentes Cacimba da Rosa e Fazendinha, respectivamente, mostram que essa causa se apresenta com uma tendência crescente (cor vermelha) e com prioridade 2.

TABELA 1 – Valores médios das análises físico-químicas dos parâmetros das amostras de água das nascentes, para os anos 2010-2012* e 2014.

Parâmetros	Cacimba da Rosa		Nova Aurora		Fazendinha		VMP -CONAMA nº 357/2005**
	2010-2012	2014	2010-2012	2014	2010-2012	2014	
Temperatura (°C)	28,4	29,0	27,6	27,0	26,5	27,0	***
pH (à 25°C)	5,4	5,6	5,4	5,3	5,6	5,6	6,0 a 9,0
Cor verdadeira (mg Pt L ⁻¹)	2,7	12,5	0,0	2,9	12,2	5,8	****
Turbidez (UNT)	2,9	21,7	1,2	5,4	8,4	1,1	40
Conduktividade (µS/cm à 25°C)	408,3	456,0	105,6	95,2	103,5	89,6	***
SDT (mg L ⁻¹)	203,7	228,0	50,2	47,6	50,9	44,8	500
Alcalinidade (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	18,4	36,5	7,8	9,0	20,8	18,0	***
Acidez (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	48,2	32,0	16,7	17,0	29,3	8,0	***
Cloreto total (mg L ⁻¹ Cl)	103,0	115,1	20,4	13,4	20,2	18,6	250
Dureza total (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	85,4	103,0	16,9	15,0	13,5	16,0	***
Sulfato total (mg L ⁻¹ SO ₄ ²⁻)	1,9	3,0	0,3	6,1	0,9	5,5	250
DBO (mg L ⁻¹ O ₂)	1,5	9,2	0,7	0,6	1,3	0,7	3
OD (mg L ⁻¹ O ₂)	4,8	4,4	5,8	5,4	2,8	3,3	6 ⁽¹⁾
DQO (mg L ⁻¹ O ₂)	-	44,2	-	13,8	-	21,7	***
Amônia (mg L ⁻¹ N)	0,5	0,3	0,6	0,0	0,3	0,0	3,7
Nitrito (mg L ⁻¹ N)	0,5	0,012	0,4	0,0	0,2	0,0	1
Nitrato (mg L ⁻¹ N)	12,9	18,6	3,4	4,8	2,2	2,4	10

LEGENDA: (*) Bomfim,2013; (**) VMP - Valor Máximo Permitido, segundo a Resolução no 357 do CONAMA; (****) Não é citado na Resolução no 357 do CONAMA; (****) Nas águas de classe I deverão ser mantidos os níveis de cor natural do corpo de água em mg Pt L⁻¹

Essa causa técnica, qualidade da água, está diretamente relacionada com a falta de controle dos seus usos, com a ausência de monitoramento qualitativo (causas gerenciais) e com causas político-sociais (falta de atualização do plano diretor de recursos hídricos da bacia do rio Gramame, de aplicação do plano diretor municipal de Pedras de Fogo e de um instrumento regulador).

No geral, os resultados da qualidade da água estiveram mais alterados na nascente Cacimba da Rosa, com destaque para a DBO e o nitrato fora dos limites para Classe I estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Esses resultados reforçam a condição de degradação da nascente com tendência crescente.

Bomfim *et al.* (2015) afirmam que existem conflitos sociais nessa região em decorrência do uso e da qualidade da água. Com relação à disponibilidade hídrica, destacam-se, entre os conflitos mais notáveis, os que envolvem a demanda de água para a irrigação e o abastecimento humano.

Liang *et al.* (2011) utilizaram a cadeia causal juntamente com a ADT, com intuito de analisar o desastre de inundação da bacia hidrográfica do rio Taihu, localizada na costa leste da China. A cadeia causal construída identificou as causas raízes, os impactos ambientais, as pressões antrópicas e as propostas políticas relacionadas ao risco de desastre de inundação. As causas raízes identificadas foram: demografia (dinâmica populacional humana); urbanização; clima; entidades governamentais; institucional; mudança de uso da terra; relevo; e a falta de colaboração. Como principais impactos ambientais foram: perda econômica; qualidade da água; biodiversidade; erosão do solo; e áreas inundadas.

Os autores citados apresentaram como essas análises podem ajudar a desenvolver políticas

públicas para prever e reduzir os desastres de inundação em escala regional, provincial e nacional e concluíram que a cadeia causal associada a ADT foi uma ferramenta eficaz para o desenvolvimento de políticas para as questões transfronteiriças complexas, pertencentes ao projeto internacional GIWA.

De acordo com as análises das matrizes (Figuras 2, 3 e 4), observa-se que existem potenciais conflitos relacionados ao volume de água das nascentes, e estes se apresentam com prioridade 1 e com tendência constante, estando diretamente relacionados às causas gerenciais: falta de controle dos usos da água e a inexistência do monitoramento qualitativo da água.

Para Rodrigues & Malpartida (2011), a disponibilidade da água, por milênios, foi considerada pelo homem como recurso infinito, levando-o a crer que seus abundantes mananciais eram inesgotáveis. Segundo Bordalo (2019), devido ao uso sem controle, aliado à sua crescente demanda imposta pelo aumento da população, já é evidente que, em algumas regiões do globo, vem ocorrendo um decréscimo da disponibilidade de água limpa e, o que é mais preocupante, há locais em que já é considerada um recurso escasso, comprometendo o bem-estar do homem e a sobrevivência de muitas espécies da fauna e flora.

Bomfim *et al.* (2015) relataram que, no período de 2010 a 2012, a vazão média nas nascentes estudadas variou bastante. Assim, Cacimba da Rosa apresentou uma média de 57,95 L/min, o suficiente para atender a uma demanda de 570 pessoas/dia. A nascente Nova Aurora apresentou, no mesmo período, uma vazão média de 11,97 L/min, o suficiente para atender a uma demanda de 115 pessoas/dia. Já Fazendinha, com uma vazão média de 10,4 L/min, apresentou condições para atender em média

100 pessoas/dia. Entretanto, o uso da água pela população no entorno dessas nascentes é bem maior (Tabela 2) do que a disponibilidade hídrica. De acordo com Filgueira *et al.* (2010), essa população utiliza a água para usos diversos, principalmente consumo, lavagem de utensílios domésticos e roupas, irrigação de pequenas lavouras, popularmente chamadas de “lavouras brancas” (batata-doce, inhame e macaxeira), e dessedentação de animais.

As matrizes (Figuras 2, 3 e 4) mostram que a incerteza climática se apresenta como um conflito de tendência constante e prioridade 3 para as nascentes Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha. Verifica-se também sua ligação direta com causas gerenciais como: falta de controle dos usos da água e a inexistência do seu monitoramento qualquantitativo.

Bomfim *et al.* (2015), em estudo realizado no período de 2010 a 2012, verificaram que o comportamento da precipitação tem influência direta na vazão das nascentes, isto é, maiores precipitações refletem em maior produção de água nessas fontes. Observou também que as maiores incidências de chuvas estão compreendidas nos meses de abril a agosto.

Como mostrado nas Figuras 2, 3 e 4, a falta de conhecimento sistemático das demandas de água atuais e futuras apresenta-se como um conflito de tendência constante e prioridade 2 para as nascentes em estudo. Verifica-se também sua ligação direta com causas gerenciais como falta de: uma associação dos usuários da água, um controle dos usos da água e um responsável pela organização do uso da água da nascente.

Isso ocorre da falta de conhecimento ou aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997), que apresenta como um de seus objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de águas, em padrões de qualidade para seus respectivos usos. Desta forma, nas áreas das nascentes estudadas, existe a necessidade de realizar uma articulação sistemática entre os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, apoiada na diretriz de uma gestão integrada de recursos hídricos, na qual exista um único corpo de trabalho (a gestão das nascentes) cujos membros (instrumentos de gestão tais como, os planos de recursos hídricos, enquadramento dos corpos de água em classes de uso preponderantes e a outorga de di-

TABELA 2 – Valores médios das vazões média das nascentes (L/min).

Nascente	Ano	
	2010-2012*	2014**
Cacimba da Rosa	57,9	56,6
Nova Aurora	11,9	10,3
Fazendinha	10,9	12,8

FONTE: (*) Bomfim *et al.* (2015); (**) Soares, (2015).

reitos de usos da água) estariam articulados entre si com um mesmo objetivo: a garantia de água de boa qualidade e em quantidade necessária à atual e às futuras gerações.

Os instrumentos reguladores, citados anteriormente, e o cadastro dos pequenos usuários das nascentes poderiam ser melhor implementados na região com o intuito de minimizar os conflitos pelo uso da água, à luz da Legislação estadual (Lei nº 6.308 de 02.07.96) que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências (Paraíba, 1996) e do Decreto nº 19.260 de 31.10.97 que regulamenta a Outorga do Direito de Uso dos Recursos Hídricos e dá outras providências (Paraíba, 1997).

Ainda de acordo com as análises das matrizes (Figuras 2, 3 e 4), a causa técnica múltiplo uso da água apresenta-se com tendência constante e prioridade 2 para as nascentes Nova Aurora e Fazendinha, diferenciando-se apenas para a nascente Cacimba da Rosa com uma tendência crescente.

Esse fato tem ligação direta com causas gerenciais como: falta de fiscalização dos usuários da água e falta de uma associação dos seus usuários. Essa causa gerencial está relacionada com as político-sociais como falta: de aplicação do plano diretor municipal de Pedras de Fogo, de atualização do plano diretor de recursos hídricos da bacia do rio Gramame e da aplicação de diretrizes políticas para o aproveitamento múltiplo da água como fator propulsor do desenvolvimento socioeconômico. Apresenta relação com causas econômicas-culturais como a falta de valorização da nascente como propulsora de sustentabilidade, da valorização da nascente enquanto contribuinte para formação dos corpos hídricos e da consciência coletiva no trato do bem público.

Verificou-se em campo que além do uso da água para lavagem de utensílios domésticos e roupas, irrigação, dessedentação de animais e para beber, identificados por Filgueira *et al.* (2010), as águas das nascentes Nova Aurora e Cacimba da Rosa ainda são utilizadas para lavagem de animais, e nessa última também para lavagem de veículos.

Os usos múltiplos da água é um dos fundamentos da Lei Federal de Recursos Hídricos nº 9.433/1997 (Brasil, 1997). Sabendo-se, porém, que em situação de crise a prioridade é para o consumo humano e dessedentação animal.

5. Considerações finais

A construção da matriz de cadeia causal permitiu que os conflitos pelo uso da água nas áreas em torno das três nascentes, localizadas na bacia hidrográfica do rio Gramame/PB, fossem identificados e analisados com o intuito de fornecer suporte técnico aos tomadores de decisão, no que concerne à formulação e execução de políticas públicas de conservação e de uso sustentável. Verificou-se que, pela complexidade de interações que ocorrem nas áreas das nascentes, cada causa técnica, gerencial, político-social e econômico-cultural não deve ser analisada separadamente. Um determinado impacto pode ser intensificado quando diferentes causas se somam ou quando diferentes impactos resultam em outro.

No entanto, alguns conflitos podem ser destacados, como a causa técnica referente à crescente degradação da nascente Cacimba da Rosa e a ocorrência da relação entre os problemas político-sociais e culturais identificados nas áreas estudadas.

Os conflitos pelo uso da água são aqueles

com maior tendência crescente. Isso requer um tratamento preferencial para viabilizar o uso ambiental correto em torno das nascentes Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha. A matriz de cadeia causal desse problema mostra que existe um encadeamento das causas, tendo como origem questões relacionadas a hábitos culturais e à ausência de investimentos para proporcionar ao município um melhor desenvolvimento socioeconômico de forma sustentável.

Referências

- Rice, E. W.; Baird, R. B.; Eanton, A. D.; Clesceri, L. S. (Eds.). *Standard methods: for the examination of water and wastewater*. Washington, 22. ed., 2012.
- Belausteguigoitia, J. C. Causal chain analysis and root causes: the GIWA approach. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 33(1), 7-12, 2004. doi: 10.1579/0044-7447-33.1.7
- Biguelini, C. P.; Gumy, M. P. Saúde ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região sudoeste do Paraná. *Revista Faz Ciência*, 14(20), 153-175, 2012. doi: 10.48075/rfc.v14i20.8724
- Blanc, G. F. de C., Ferronato, E. C. P.; Miranda, T. L. G. de. Análise da cadeia causal na bacia do rio Iguaçu. In: *Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Florianópolis, 26 de nov., 2017.
- Bomfim, E. de O. *Sustentabilidade hidroambiental de áreas de captações de nascentes na Bacia Hidrográfica do Rio Gramame/PB*. João Pessoa, Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – UFPB, 2013.
- Bomfim, E. O.; Gadelha, C. L. M.; Filgueira, H. J. A.; Amorim, J. F.; Amorim, D. da S. Sustentabilidade hidroambiental de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame no estado da Paraíba, Brasil. *Sociedade & Natureza*, 27(3), 453-468, 2015. doi: 10.1590/1982-451320150307
- Bordalo, C. A. L. Os conflitos socioambientais pelo uso da água no Brasil na perspectiva da ecologia política. *Ambientes: Revista de Geografia e Ecologia Política*, 1(2), 78-110, 2019. doi: 10.48075/amb.v1i2.23237
- Brasil. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: DOU de 9/1/1997.
- Carvalho, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. *Caderno Prudentino de Geografia*, 1(42), 140-161, 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953>
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: DOU de 18/3/2005.
- Costa, F. F. *Avaliação ambiental em áreas de nascentes na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Gramame – PB*. João Pessoa, Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – UFPB, 2011.
- Daker, A. *Captação, elevação e melhoramento da água: a água na agricultura*. São Paulo: Editora Freitas Bastos, vol. 2, 6. ed., 1983.
- Demanboro, A. C.; Laurentis, G. L.; Bettine, S. do C. Cenários ambientais na bacia do rio Atibaia. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 18(1), 27-37, 2013. doi: 10.1590/S1413-41522013000100004
- Filgueira, H. J. A.; Silva, T. C. da; Limeira, M. C. M.; Silva, M. R. M.; Silva, A. L. da. Usos e usuários de água de nascentes do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame, Paraíba. In: *Anais do X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Fortaleza, 16-19 de jul., 2010.
- Filgueira, H. J. A. (Coord.). Análise do potencial de ações integradas para a restauração das funções ecológicas nas nascentes do rio Gramame (PB), sob a influência de unidades rurais de produção familiar. Relatório técnico final.

- João Pessoa, Paraíba: UFPB-CNPq, 2012.
- Fleck, L.; Tavares, M. H. F.; Eyng, E. Remoção biológica de nitrogênio em efluentes líquidos: uma revisão. *Revista Eixo*, 4(2), 77-88, 2015. doi: 10.19123/eixo.v4i2.293
- Gadelha, C. L. M.; Filgueira, H. J. A.; Campos, L. F.; Quinino, U. C. de M., 2001. O uso de agrotóxicos nas áreas irrigadas da Bacia do Rio Gramame no estado da Paraíba. In: *Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. João Pessoa, 16-21 de jul., 2001.
- Gomes, P. M.; Melo, C. de; Vale, V. S. do. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. *Sociedade & Natureza*, 17(32), 103-120, 2005. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/9169>
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias*, 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf>>. Acesso em: abr. 2022.
- Koppen, W. *Climatología: con un estudio de los climas de la Tierra*. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1948.
- Liang, W.; Yongli, C.; Hongquan, C.; Daler, D.; Jingmin, Z.; Juan, Y. Flood disaster in Taihu Basin, China: causal chain and policy option analyses. *Environmental Earth Sciences*, 63, 1119-1124, 2011. doi: 10.1007/s12665-010-0786-x
- Marmontel, C. V. F.; Rodrigues, V. A. Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. *Floresta e Ambiente*, 22(2), 171-181, 2015. doi: 10.1590/2179-8087.082014
- Nakamura, C. Y.; Marques, E.; Vilela, P.; Oda, T.; Lima, L.; Costa, R.; Azevedo, I. C. Avaliação da qualidade da água subterrânea no entorno de um aterro sanitário. *Águas Subterrâneas*, 28(2), 28-40, 2014. doi: 10.14295/ras.v28i2.27399
- Neto, F. V. A. S.; Viana, P. C. G. Análise espacial das obras do projeto de integração do rio São Francisco - PISF (eixo leste) no estado da Paraíba. *Revista do Instituto de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Geo UERJ)*, 28, 219-241, 2016. doi: 10.12957/geouerj.2016.14536
- Nunes, E. M.; Castilho, C. J. M. de. Perspectivas de governança ambiental em áreas de nascentes no estado da Paraíba-Brasil: rumo à sustentabilidade? *Revista Brasileira de Geografia Física*, 10(2), 428-440, 2017. doi: 10.5935/1984-2295.20170026
- Pinto, L. V. A.; Botelho, S. A.; Davide, A. C.; Ferreira, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. *Scientia Forestalis*, 65, 197-206, 2004. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr65/cap19.pdf>
- Paraíba. *Lei n.º 6.308, de 02 de julho de 1996*. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências. João Pessoa: DOE de 3/7/1996.
- Paraíba. *Decreto n.º 19.260, de 31 de outubro de 1997*. Regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos e dá outras providências. João Pessoa: DOE de 1/11/1997.
- Rocha, A. L. A.; Parron, L. M.; Cruz, C. J. D. da. Monitoramento da qualidade de água de nascentes na bacia hidrográfica do rio Preto, sub bacia do médio rio São Francisco. In: *Anais do IX Simpósio Nacional do Cerrado*. Brasília, 12-17 de out., 2008.
- Rossi, R. A.; Santos, E. Conflito e regulação das águas no Brasil: a experiência do Salitre. *Revista de Ciências Sociais do Centro de Estudos e Pesquisas em Humanidades da Universidade Federal da Bahia (Caderno CRH)*, 31(82), 151-167, 2018. doi: 10.1590/S0103-49792018000100010
- Rodrigues, S. S.; Malpartida, A. R. A utilização da temática “água” no currículum do ensino superior. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, 12(1), 45-52, 2011. Disponível em: <https://revistaensinoeducacao.pgsskroton.com.br/article/view/2886>
- Santos, L. T. S. de O.; Jesus, T. B. de, Nolasco, M. C., Influência do uso e ocupação do solo na qualidade das águas superficiais do rio Subaé, Bahia. *Geographia Opportuno Tempore*, 1(1), 68-79, 2014. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/Geographia/article/view/18286>
- Silva, T. C. da; Silans, A. M. B. P. de; Filho, L. de A. P.; Paiva, A. E. D. B.; Billib, M.; Boochs, P. Planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Gramame: uma bacia litorânea do nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 7(4), 121-134. 2002. doi:

-
- 10.21168/rbrh.v7n4.p121-134
- Silva, J. J. L. S. da; Marques, M.; Damásio, J. M. Impactos do desenvolvimento do potencial hidroelétrico sobre os ecossistemas aquáticos do Rio Tocantins. *Revista Ambiente & Água*, 5(1), 189-203, 2010. doi:10.4136/ambi-agua.129
- Silva-Júnior, W. R.; Gadelha, C. L. M.; Filgueira, H. J. A.; Silans, A. M. B. de P. Aplicação da matriz de cadeia causal na análise ambiental de açude público localizado em região do semi-árido nordestino. In: *Anais de 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Recife, 20-25 de set., 2009.
- Silans, A. M. B. P. de; Silva Júnior, W. R. da; Gadelha, C. L. M.; Filgueira, H. J. A.; Gomes, A. M. Integrated water management for the Epitácio Pessoa Reservoir in the semi-arid region of Brazil. *IAHS Publication*, 317, 173-178, 2007. Disponível em: https://iahs.info/uploads/dms/14158.35-173-178-26-317-deSilans_et.al.pdf
- Silva, P. H. P. da; Ribeiro, M. M. R.; Miranda, L. I. B. de. Uso de cadeia causal na análise institucional da gestão de recursos hídricos em reservatório no semiárido da Paraíba. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22(4), 637-646, 2017. doi: 10.1590/S1413-41522017149982
- Simão, G.; Pereira, J. L.; Alexandre, N. Z.; Galatto, S. L.; Viero, A. P. Estabelecimento de valores de background geoquímico de parâmetros relacionados a contaminação por carvão. *Águas Subterrâneas*, 33(2), 109-118, 2019. doi: 10.14295/ras.v33i2.29207
- Soares, G. C. S., Gadelha, C. L. M., Filgueira, H. J. A., Silva, E. S. Uso de matriz causal na análise ambiental e de gestão em áreas de nascentes na bacia hidrográfica do Rio Gramame/PB/Brasil. In: *Anais do XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Natal, 4-7 de nov., 2014.
- Soares, G. C. da S. *Cadeia causal da degradação de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame - Paraíba*. João Pessoa, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – UFPB, 2015.
- Souza, K. I. S. de; Chaffé, P. L. B.; Pinto, C. R. S. de C.; Nogueira, T. M. P. Proteção ambiental de nascentes e afloamentos de água subterrânea no Brasil: histórico e lacunas técnicas atuais. *Águas Subterrâneas*, 33(1), 76-86, 2019. doi: 10.14295/ras.v33i1.29254
- UNEP – United Nations Environment Programme. *Global international waters assessment: Gulf of California/Colorado River Basin GIWA regional assessment* 27, 2004. Disponível em: <http://www2.inecc.gob.mx/dgipea/descargas/giwa Regional assessment_27.pdf>. Acesso em: abr. 2022.
- Wang, L.; Cai, Y.; Fang, L. Pollution in Taihu Lake China: causal chain and policy options analyses. *Frontiers of Earth Science in China*, 3, 437, 2009. doi: 10.1007/s11707-009-0043-3