

Custo de restauração de uma nascente urbana do município de Uruaçu, Goiás, da bacia hidrográfica do Rio Passa-Três

Cost of restoring an urban spring in the municipality of Uruaçu, Goiás, in the watershed of the Passa-Três River

Coste de recuperación de un manantial urbano en el municipio de Uruaçu, Goiás, en la cuenca del Río Passa-Três

Recebido: 26/10/2022 | Revisado: 02/11/2022 | Aceitado: 08/11/2022 | Publicado: 15/11/2022

Wellington Ribeiro Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4069-3396>
Universidade Estadual de Goiás, Brasil
E-mail: wellmartins38@gmail.com

Joana D'arc Bardella Castro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3048-3483>
Universidade Estadual de Goiás, Brasil
E-mail: joanabardellacastro@gmail.com

Adriana Aparecida Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8711-1517>
Universidade Estadual de Goiás, Brasil
E-mail: joanabardellacastro@gmail.com

Resumo

O trabalho teve como objetivo realizar a valoração econômica de uma nascente da bacia hidrográfica do rio Passa-Três em perímetro urbano do município de Uruaçu/Goiás, a fim de estimar o valor necessário para a reparação dos danos causados pela ocupação urbana utilizando-se o Método Custo de Reposição (MCR). Para isso, foi utilizado como material de análise as imagens do modelo digital de elevação (MDE), imagens Google Satellite e arquivos shapefile da plataforma SIEG para a determinação da área da bacia, localização dos pontos das nascentes, análise espacial e trabalho de campo da área de estudo com vista a identificar os danos causados pela ocupação urbana, para então estimar o custo necessário para a restauração da área. Todos os mapas foram gerados por meio do software livre QGIS 3.10 e de sua ferramenta GRASS GIS. Foi identificado pela análise por mapeamento e trabalho de campo presença de pessoas e animais domésticos no local, falta de cercamento da área de APP, presença de material poluente e pouca vegetação nativa, além da presença de erosão do tipo voçoroca nos pontos de afloramento de água na superfície. O conjunto das ações corretivas adotadas como medidas de reparação para adequação do local seguindo as determinações da Lei nº 12.727/2012, resultou no custo total de R\$ 611.602,04 para a restauração da nascente, indicando que a preservação de uma área ambiental pode ser mais econômica do que a reparação após a degradação pelo mau uso dos seus recursos naturais.

Palavras-chave: Área de preservação permanente; Método custo reposição; Meio ambiente; Recursos hídricos.

Abstract

The objective of this work was to conduct the economic valuation of a spring in the Passa-Três River basin in the urban perimeter of the municipality of Uruaçu/Goiás, in order to estimate the amount necessary to repair the damage caused by urban occupation using the Replacement Cost Method (RCM). For this, the digital elevation model (DPM) images, Google Satellite images and shapefile files from the SIEG platform were used as analysis material for the determination of the basin area, location of the spring points, spatial analysis and field work of the study area in order to identify the damage caused by urban occupation, and then estimate the cost necessary for the area restoration. All maps were generated by means of the free software QGIS 3.10 and its tool GRASS GIS. The presence of people and domestic animals in the area, the lack of fencing in the APP area, the presence of polluting material and little native vegetation, as well as the presence of gully-type erosion at the points where the surface water emerges, were identified by mapping and field work. The set of corrective actions adopted as remedial measures for the adequacy of the site following the determinations of Law No. 12,727/2012, resulted in a total cost of R\$ 611,602.04 for the restoration of the spring, indicating that the preservation of an environmental area may be more economical than the repair after degradation by the misuse of its natural resources.

Keywords: Permanent preservation area; Replacement cost method; Environment; Water resources.

Resumen

El objetivo de este estudio fue realizar una valoración económica de un manantial de la cuenca del río Passa-Três en el perímetro urbano del municipio de Uruaçu/Goiás, con el fin de estimar el importe necesario para reparar los daños causados por la ocupación urbana mediante el Método del Coste de Reposición (MCR). Para ello, se utilizaron como material de análisis las imágenes del modelo digital de elevación (DPM), las imágenes de Google Satellite y los archivos shapefile de la plataforma SIEG para la determinación del área de la cuenca, la localización de los puntos de los manantiales, el análisis espacial y el trabajo de campo de la zona de estudio con el fin de identificar los daños causados por la ocupación urbana, para luego estimar el coste necesario para la restauración de la zona. Todos los mapas se generaron mediante el software gratuito QGIS 3.10 y su herramienta GRASS GIS. El análisis cartográfico y el trabajo de campo identificaron la presencia de personas y animales domésticos en la zona, la falta de vallado del área del APP, la presencia de material contaminante y la escasa vegetación autóctona, además de la presencia de erosión de tipo voçoroca en los puntos de afloramiento de aguas superficiales. El conjunto de acciones correctivas adoptadas como medidas de remediación para la adecuación del sitio siguiendo las determinaciones de la Ley nº 12.727/2012, resultó en un costo total de R\$ 611.602,04 para la restauración del manantial, indicando que la preservación de un área ambiental puede ser más económica que la reparación después de la degradación por el mal uso de sus recursos naturales.

Palabras clave: Zona de preservación permanente; Método del coste de reposición; El medio ambiente; Recursos hídricos.

1. Introdução

Ao longo dos anos, o Cerrado brasileiro vem sofrendo alterações por questões econômicas e políticas, mesmo apesar de ser considerado um bioma de grande importância para o cenário hídrico do Brasil (Andrade et al., 2020). Em Goiás, pertencente à área do Cerrado, a região norte do estado tem como principais atividades econômicas a agropecuária e a mineração, além de outras relacionadas com a expansão da fronteira agrícola. Tais atividades trouxeram implicações diretas sobre os ambientes naturais por se caracterizarem como tipos de uso do solo de grande impacto ambiental no Cerrado, gerando impactos sobretudo nos recursos hídricos dos municípios da região (Gandara, 2017; Peixoto, 2018).

O processo de urbanização dos municípios também se faz presente nesse contexto de ocupação territorial do norte goiano. A dependência do homem pela água para o suprimento de suas necessidades resultou no crescimento das áreas urbanizadas próximas aos corpos d'água, o que apresenta ameaça principalmente para as nascentes, os pontos por onde a água subterrânea emerge na superfície que formam a rede de drenagem pela origem dos fluxos d'água (Garcia et al., 2018). Nesses ambientes naturais são presentes as vegetações nativas de grande importância para a preservação das nascentes e dos canais de água, denominadas Áreas de Preservação Permanentes – APPs (Melo & Martins, 2020).

Essa vegetação faz parte dos tipos de florestas de proteção aos recursos naturais, prestando serviços ambientais para as populações ao garantir a preservação dos recursos hídricos (Paz & Ribeiro, 2020). O Código Florestal de 1965, atualizado em 2012 (Lei nº 12.561/2012, alterada pela Lei nº 12.727/2012), tem como finalidade a proteção das APPs ao dispor sobre as definições, parâmetros e limites para o uso e reserva dessas áreas, a qual determina um raio mínimo de 50 metros de APP ao redor das nascentes ou olhos d'água para garantir a proteção da bacia hidrográfica dependente (Brasil, 2012a; Brasil, 2012b).

A presença das ocupações urbanas em áreas de APP aliado ao desrespeito às leis de preservação resultam em impactos ambientais que geram problemas na utilização para diferentes finalidades das águas resguardadas por essa vegetação (Garcia et al., 2016). No município de Uruaçu, localizado no norte goiano, o rio Passa-Três, principal manancial de abastecimento público do município, tem enfrentado problemas em sua capacidade de abastecer a população urbana, principalmente no período de estiagem.

O assoreamento ao longo do curso do rio Passa-Três, juntamente com o crescimento urbano em áreas de nascentes, tem prejudicado sua capacidade de captação de água para abastecimento da população do município de Uruaçu. Tal fato tem sido recorrente, o que tem deixado habitantes do município sem água, pois nos últimos anos o rio não tem conseguido suprir o abastecimento público urbano durante o período de estiagem. A literatura indica que a remoção da cobertura vegetal, associado ao intenso uso do solo, pode instalar um intenso e contínuo processo de erosivo (Salles, 2020).

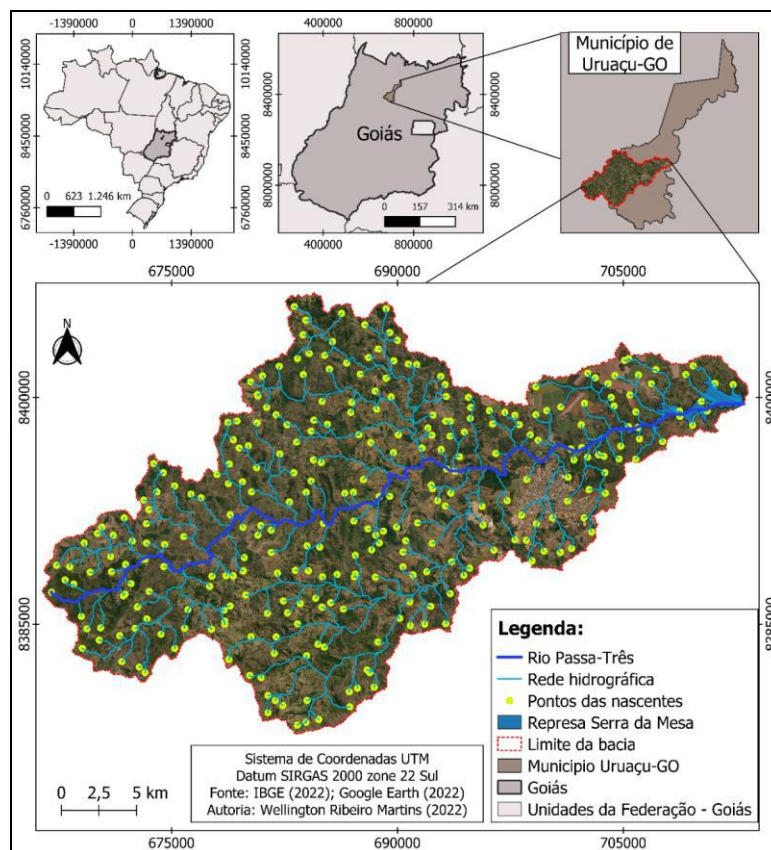
O uso dos ativos ambientais de modo sem controle e degradante ao ecossistema, aliado ao desrespeito à legislação vigente sobre o uso legal das APPs, culmina a um processo que resulta em inúmeros desequilíbrios ambientais. Daí encontra-se a necessidade de apresentar o valor monetário dos recursos ambientais, inclusive o valor necessário para reparação dos danos provocados pelo mau uso de um recurso natural para que o mesmo se encontre em condições ideais para sua preservação e dentro das determinações legais (Ansolin et al., 2018; Facco et al., 2021). Para essa finalidade, o Método Custo de Reposição (MCR) é o mais indicado, visto que sua aplicação se baseia na determinação de uma estimativa do valor de restauração das condições ambientais após a ocorrência de um impacto ambiental (Castro & Nogueira, 2019).

Frente ao contexto e problemática exposto, a pesquisa teve como objetivo realizar a valoração econômica de uma nascente da Bacia hidrográfica do rio Passa-Três em perímetro urbano do município de Uruaçu, Goiás, a fim de estimar o valor necessário para a reparação dos danos causados pela ocupação urbana utilizando-se o Método Custo de Reposição (MCR).

2. Metodologia

A área de estudo trata-se de uma nascente pertencente a bacia hidrográfica do rio Passa-Três (BHRPT), localizada na área urbana do município de Uruaçu, Goiás, região norte do estado (Figura 1), delimitada pelas coordenadas UTM zone 22S N 8406884.32, E 713642.96, S 8377741.94 e W 666441.35.

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia hidrográfica do rio Passa-Três, em Uruaçu (GO).



Fonte: IBGE (2022).

Na Figura 1 é demonstrado a localização da bacia, que possui extensão de 638,90 km² e está inserida em uma região correspondente a região hidrográfica do Rio Tocantins, e possui alguns canais de água oriundos do represamento da Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa.

O trabalho constou da delimitação da bacia hidrográfica e seus pontos das nascentes, da definição de escolha de uma nascente urbana e posterior levantamento da sua condição ambiental e os custos para restauração. Para isso, a bacia foi delimitada de forma automática, a partir do processamento de imagem do modelo digital de elevação (MDE), com resolução espacial de 30 metros pelo instrumento SRTM, obtida pelo Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos – IMB (2015), disponibilizada no banco de dados para downloads do Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás – SIEG, processada em ambiente virtual através do software livre QGIS 3.10, utilizando metodologia adaptada de Moraes & Nascimento (2020).

Com base na referida metodologia, o MDE foi reprojetoado para o sistema de referência de coordenadas (SRC) para o SIRGAS 2000/UTM zone 22S, e a partir de ferramentas do QGIS, foi feita a correção dos valores dos pixels do MDE para diminuir as falhas entre as depressões de regiões altas e baixas, afim de evitar a geração de acúmulo de água, por meio do comando `r.fill.dir`. Em seguida, foi utilizado o comando `r.watershed` para a geração do fluxo acumulado, direção do fluxo, microbacias e as drenagens da bacia. Por último, foi utilizado o comando `r.water.outlet`, no qual indica-se o ponto do exutório e a partir dele o software produz um polígono (chamado de dado vetorial) de toda a área pertencente a este ponto, resultando na bacia hidrográfica (Figura 1).

Após a delimitação da área da bacia, foi realizado a identificação dos pontos correspondentes às nascentes por meio da ferramenta SAGA GIS, disponível no software livre QGIS, e utilizadas imagens Google Satellite presentes no acervo BaseMap, encontrado no HCMGIS, também disponível no software livre QGIS, para a análise espacial da área de estudo.

Os pontos de nascentes foram determinados a partir da rede de drenagem e da ordem dos canais de água, correspondentes aos canais de 1ª ordem. Estes são os canais com baixo fluxo de água, associados aos pontos das nascentes, os quais foram marcados em toda a área da bacia. Dentre eles, foi determinado a nascente localizado em área urbana para a realização do estudo e análise ambiental, além do trabalho de campo realizado com o objetivo de identificação preliminar e registro fotográfico dos impactos ambientais identificados.

A escolha da nascente para o estudo foi feita com base nos impactos ambientais apresentados de maior intensidade, para que o modelo de restauração da área de APP pertencente a nascente se apresente como um ideal a ser empregado para a restauração das demais nascentes em área urbana e por que não dizer para as nascentes pertencentes a toda a BHRPT.

A análise de campo e a obtenção do material fotográfico ocorreu nos dias 28 e 29 de junho de 2022, em que na ocasião também foram realizadas as medidas da área da nascente por meio do uso de uma trena métrica de 50 metros necessárias para a realização do estudo.

Feito o levantamento da atual situação da área de cobertura da nascente de estudo pelo mapeamento e trabalho de campo, seguido pela análise das condições reais em que se encontra e a discrepância perante as determinações da legislação vigente no que tange a preservação das áreas em que há a presença de nascentes, foi realizado em seguida, por meio da aplicação do Método Custo de Reposição (MCR), a estimativa do custo da reparação dos danos observados provocados pela ocupação urbana.

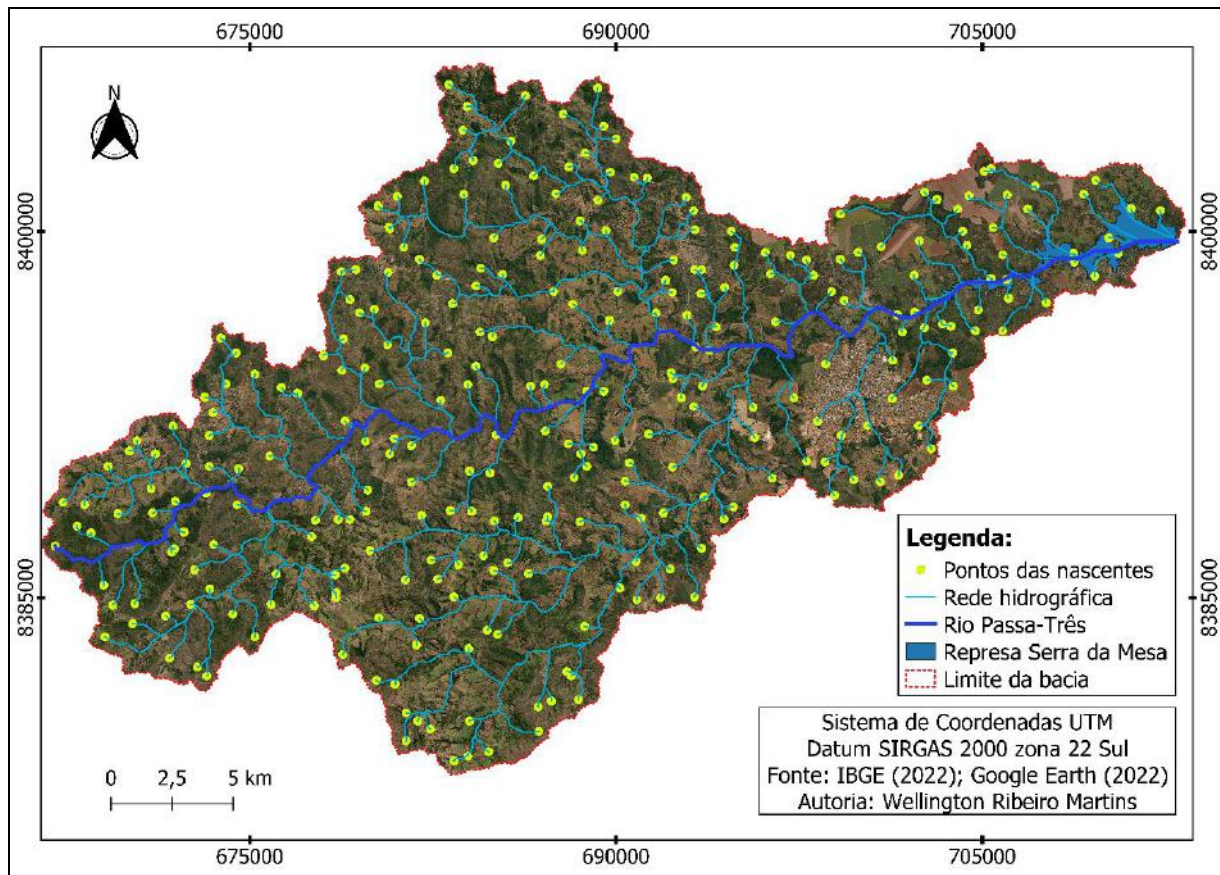
No presente estudo, o MCR teve como objetivo estimar o valor de restauração das condições ambientais após a ocorrência de impacto ambiental, para que o mesmo se encontre em condições adequadas e resguardadas por lei para a garantia da sua preservação e contribuição para a bacia hidrográfica a qual é contribuinte.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise por mapeamento

Na Figura 2 estão apresentadas as nascentes identificadas por sensoriamento remoto em toda a área da bacia hidrográfica do rio Passa-Três (BHRPT), em que é possível visualizar ampla distribuição das nascentes por toda a área.

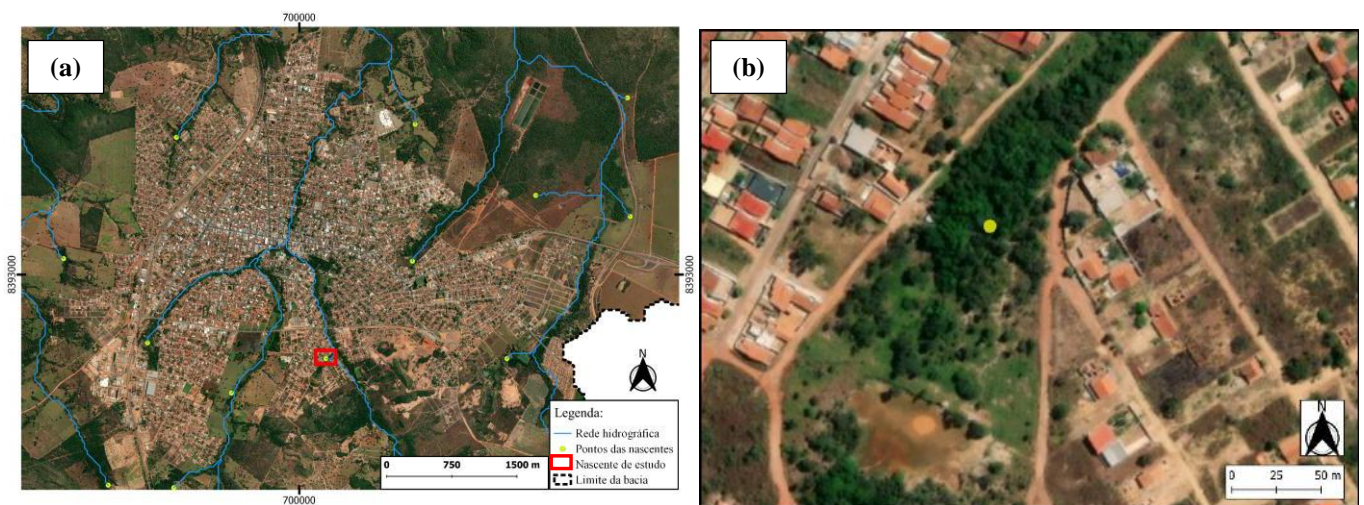
Figura 2- Pontos de nascentes da bacia hidrográfica do rio Passa-Três, em Uruaçu (GO).



Fonte: IBGE (2022).

Como mostra o mapa da Figura 2, foram identificados um total de 297 pontos de nascentes, em toda a extensão de 638,90 km² correspondente a área total da BHRPT. Na área urbanizada do município de Uruaçu, foram identificados nove pontos de nascentes, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Localização dos pontos de nascentes em área urbana do município de Uruaçu (GO) e do ponto da nascente objeto de estudo do trabalho (a); Vista espacial dá área de cobertura do local da nascente objeto de estudo (b).



Fonte: IBGE (2022).

É possível observar na Figura 3 que a dispersão da maioria das nascentes nos bairros periféricos da cidade, com algumas isoladas pelas ocupações urbanas na região central. Dessas, foi escolhida para o estudo a nascente localizada no bairro Parque Alvorada, região sul do município, em destaque na Figura 3, onde é possível observar a vista espacial da área de cobertura do local da nascente. A análise visual da área de cobertura da nascente obtida pela imagem de satélite apresenta a presença de vegetação na região central da área, cercada por construções urbanas e ruas sem pavimentação asfáltica.

O produto cartográfico elaborado com o raio de 50 m² de APP em torno da nascente prevista por lei é demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Vista espacial da área de APP com raio de 50m² em torno do ponto da nascente prevista pela legislação.



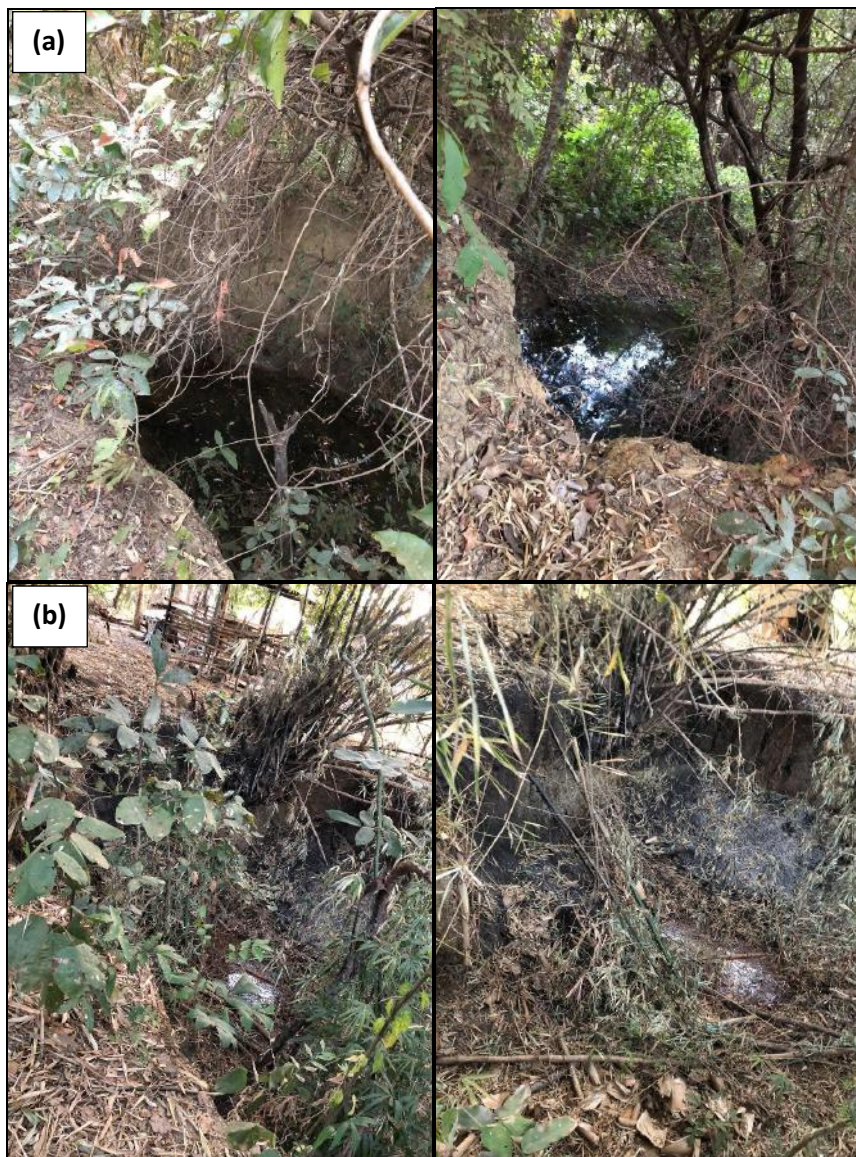
Fonte: IBGE (2022).

É possível observar pela análise da vista espacial da área da nascente após estimado o perímetro destinado para APP prevista por lei que a área em que existe vegetação é menor do que o raio da área destinada a preservação permanente, com presença de construções e estradas na área e, inclusive, próximos ao ponto de afloramento da água na superfície da nascente. Diante disso, a vista espacial da nascente se apresenta incoerente ao que diz respeito a como deveria ser mediante as vias legais.

3.2 Análise por trabalho de campo – fotografias e visitação no local

O trabalho de campo realizado permitiu obter mais detalhes e conhecimento da situação em que se encontra o ponto da nascente. No local foram identificados dois pontos de afloramento de água pela superfície, identificadas como nascente 1 (N1) e nascente 2 (N2), como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Pontos de afloramento de água: nascente 1 – N1 (a) e nascente 2 – N2 (b).



Fonte: Trabalho de campo – Arquivo pessoal (2022).

Com o trabalho de campo, demonstrado nas imagens da Figura 5, foi possível observar que o local se encontrava sujo, com presença de lixo e/ou outros objetos poluentes e degradantes ao meio ambiente, inclusive no canal em que a água da nascente é escoada, o que pode ser explicado pela habitação humana no local, visto que o olho d'água da nascente 2 (N2) está presente próximo ao quintal de uma residência, em que pode se observar a escassez de cuidados de limpeza doméstica no local e constante presença de pessoas na área.

Também foi observado a presença de animais domésticos no local, como galinhas, porcos e bovinos, pelas construções de cercas para sua criação, dejetos encontrados e trieiros de bovinos e equídeos que utilizam os canais de água ali presentes como bebedouro, o que pode estar associado a presença de processo erosivo do tipo voçoroca em estado ativo encontrados em ambos olhos d'água da nascente, devido a presença de torrões de terra despencadas recentemente e o solo fragilizado na área marginal de onde se encontra os dois pontos de erosão, como demonstra a Figura 5. No entanto, também é visível em um dos pontos de erosão a presença de moitas de plantação de bambu, o que indica tentativas anteriores de conter o avanço do processo erosivo no local.

A retirada parcial da vegetação nativa para habitação humana e animal no local indica ser a principal causa do

processo erosivo observado. Dentre vários problemas capazes de ocorrer, a ocupação humana nos locais de APP pode resultar na remoção total ou parcial da vegetação marginal natural dos corpos hídricos e pontos de nascentes, o que causa o processo de erosão pela ação das chuvas no solo e pisoteio de animais, instalando um intenso e contínuo processo erosivo (Garcia et al., 2018), situação observada na nascente do presente estudo.

As mudanças da utilização do solo através da retirada da cobertura vegetal em áreas de APP para ocupações urbanas prejudicam a proteção dos canais de água e a capacidade de reter impurezas, visto que a principal função da cobertura vegetal nas margens dos rios é garantir a sua proteção ao impedir que sedimentos advindos de processos erosivos invada os mananciais e obstrua a sua capacidade de conter e escoar as águas (Bonnet et al., 2008).

3.3 Danos ambientais – irregularidades e correções necessárias

Diante da análise pela vista espacial da área por meio do mapeamento e visitação do local pelo trabalho de campo, pôde se observar os seguintes danos a área de nascente: ausência de cercamento da área de APP prevista na Lei nº 12.727/2012, que determina um raio de 50m² de vegetação nativa ao redor de nascentes; pouca ou quase nada de vegetação nativa próximo aos olhos d'águas da nascente e baixa densidade de vegetação na área total; ocupação humana e animal no local, e; presença de erosão do tipo voçoroca nos dois pontos em que a água emerge na superfície.

Para cada irregularidade encontrada será necessária uma correção para a restauração da área de modo que se encontre adequada e dentro das determinações previstas por lei para a sua preservação. Na Tabela 1 é listado todas as irregularidades identificadas e as correções necessárias a serem feitas para o solucionamento dos problemas.

Tabela 1 - Irregularidades encontradas no ponto da nascente e as medidas de correção e restauração.

IRREGULARIDADES	CORREÇÃO/RESTAURAÇÃO
Ocupação humana	Retirada das pessoas
Ocupação animal	Retirada dos animais
Área aberta, sem cerca	Cercamento do local
Local sujo	Limpeza
Pouca vegetação nativa	Plantio de vegetação nativa
Erosão (voçoroca)	Contenção da voçoroca

Fonte: Autores (2022).

A primeira irregularidade observada é a presença de habitação humana e animal na área de APP. Por se tratar de uma área destinada a preservação permanente devido acomodar uma fonte de canal de água, a Lei nº 12.727/2012 proíbe a utilização da área para quaisquer tipos de uso, independente se o mesmo se encontra em perímetro urbano ou zona rural. Desse modo, é necessário que as pessoas ali residentes sejam retiradas do local, assim como os animais domésticos, bem como a demolição das construções e posterior coleta dos destroços.

Em seguida, a segunda irregularidade emergencial identificada é a falta de um cercamento da área de acordo com a medida de um raio de 50 m² do ponto da nascente, afim de delimitar o espaço destinado para a realização das demais correções de restauração. Desse modo, a correção necessária inicialmente é realizar a medida da área de APP prevista por lei, para em seguida fazer o cercamento da área, com o objetivo de preservação do recurso natural ali presente e proibida para quaisquer tipos de uso.

Como uma sequência de irregularidades, o uso do local por pessoas e animais resultou numa área com presença de objetos poluentes e de uso doméstico (sacolas, garrafas pets, copos e pratos descartáveis, além de outros objetos, principalmente, de plástico). Também foi observado que ao redor dos olhos d'águas e no canal de escoamento da água, que o

mesmo se encontrava obstruído por folhas secas, lixo e sedimentos de solos provenientes do processo erosivo o qual se encontra. Desse modo, é necessário a coleta de todo esse material poluente da área e a limpeza dos canais de escoamento da água.

Outra irregularidade identificada é a pouca presença de vegetação nativa nas proximidades dos olhos d'águas da nascente e, principalmente nas regiões mais afastadas dos canais de água, provocado pelo uso da terra no local para moradia humana e criação de animais, que levou ao primeiro ato degradante, o desmatamento da área, que resultou na erosão do tipo voçoroca nos dois pontos do surgimento da água na superfície. Para a restauração e correção aos danos, é necessário primeiramente fazer a contenção das voçorocas, para então realizar o plantio de vegetação nativa nas áreas de menor densidade de vegetação e, sobretudo, no trecho marginal ao canal de água.

Desse modo, foi realizado um panorama geral da atual situação ambiental em que se encontra a nascente selecionada para o estudo, que com base nas determinações previstas por lei, foi definido as correções necessárias para a completa restauração da área.

3.4 Valoração – custo de reposição para reparação dos danos ambientais

Determinadas as correções a serem feitas para os danos ambientais identificados, foi realizado em seguida, a estimativa do valor necessário para que se ocorra cada reparação e correção das irregularidades, compostas por 5 passos de medidas corretivas, a saber: retirada das pessoas; retirada dos animais; cercamento do local; limpeza da área; plantio de vegetação nativa e, contenção das voçorocas.

A primeira ação necessária a ser feita é a retirada das pessoas e animais da área destinada a preservação permanente. Para o primeiro momento, torna-se necessário a intervenção na moradia por meio de um acolhimento pela assistência social juntamente com a prefeitura para a tomada de decisões cabíveis à situação, para a provisão de um local apropriado para moradia aos residentes da área.

Enquanto a retirada dos animais presentes, de propriedade dos residentes, entende-se a migração desses para junto dos habitantes para a nova área de moradia. Em seguida, é necessário a demolição das construções, limpeza e destino para os destroços, daí a necessidade de caçambas de entulho para a condução de todo esse material a um local apropriado.

Para a retirada das pessoas, os dados referentes as ações e os valores respectivos se encontram descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição dos custos especificados para a retirada das pessoas do local da APP.

Ações	Especificações	Valor Unit. (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Acolhimento pela assistência social e prefeitura para realocação das pessoas				
Aluguel 1 máquina (Retro escavadeira)	Unidade por 16 horas	R\$ 180,00	16	R\$ 2.880,00
Aluguel 1 caçamba para entulho	R\$ 150/para 2 dias	R\$ 150,00	2	R\$ 300,00
1 Motorista retro escavadeira	R\$ 150/dia, sendo 2 dias	R\$ 150,00	2	R\$ 300,00
1 Motorista caçamba	R\$ 150/dia, sendo 2 dias	R\$ 150,00	2	R\$ 300,00
Mão de obra - 2 pessoas	R\$ 150 pessoa/dia, sendo 2 dias	R\$ 150,00	4	R\$ 600,00
CUSTO TOTAL				R\$ 4.380,00

Fonte: Autores (2022).

O valor estimado do aluguel de uma retroescavadeira no município é de R\$ 180,00/hora, estipulado um período de 16 horas necessárias para todo o serviço de demolição e limpeza dos destroços, o custo de aluguel foi de R\$ 2.880,00 totais. Enquanto o valor do aluguel da caçamba para entulho é R\$ 150,00 por 2 dias, com o custo de R\$ 300,00. Os motoristas são apreçados no valor de R\$ 150,00 por dia, com o custo total de R\$ 600,00 para 2 motoristas (um para a retroescavadeira e outro para a caçamba) em dois dias de serviço. A mão de obra estipulado para 2 trabalhadores com diária de R\$ 150,00 cada, calculado para um período de 2 dias, teve como valor estimado total de R\$ 600,00. Assim, o custo total para a retirada das pessoas é de R\$ 4.380,00.

Em seguida, foi feito o levantamento dos custos para o cercamento da área, demonstrado na Tabela 3. Primeiramente, foi realizado a medição do raio de 50 m² para encontrar o tamanho total da área para a construção da cerca, resultando numa área total de 7.855m².

Tabela 3 - Distribuição das especificações dos custos necessários para o cercamento da área de 7.855 m² de APP.

Materiais	Especificações	Valor Unit. (R\$)	Quant.	Total (R\$)
Trena métrica de fibra de carretel aberto	50 m	R\$ 39,65	1	R\$ 39,65
Mourões	8/10cm - 2,20 m (unid.)	R\$ 33,65	1.980	R\$ 66.627,00
Farpado Nelore 1,60mm Morlan	Rolo com 500m	R\$ 437,74	80	R\$ 35.019,20
Grampo Galvanizado 7/8 por 9	20 Kg	R\$ 338,27	5	R\$ 1.691,35
Esticador Argola Gancho P/Arame Farpado - Caçula	Unidade	R\$ 28,90	4	R\$ 115,60
Cavadeira Articulada Standard com Cabo 110X150mm	Unidade	R\$ 29,25	3	R\$ 87,75
1 Motorista caminhão	R\$ 150/dia, sendo 1 dia	R\$ 150,00	1	R\$ 150,00
Aluguel 1 Caminhão	(1L diesel/Km)	R\$ 7,44	11	R\$ 81,84
Mão de obra - 6 pessoas	R\$ 150 pessoa/dia, sendo 4 dias	R\$ 900,00	4	R\$ 3.600,00
CUSTO TOTAL				R\$ 107.412,39

Fonte: Autores (2022).

Para a construção da cerca, foram necessários 1.980 mourões de 8/10 cm de diâmetro com 2,20 m de altura, no valor de R\$ 33,65 a unidade, resultando no custo total de R\$ 66.627,00, sendo os mourões o material de maior custo. Em seguida, o arame farpado de 1,60 mm, comercializado por rolos com 500 m, no valor de R\$ 437,74 a unidade, que para a área serão necessários 80 rolos de arame, vem como o material de segundo maior custo para o cercamento, com um total de R\$ 35.019,20. De modo geral, o custo total para a construção da cerca na área é de R\$ 107.412,39, caracterizando como uma das correções de maiores custos.

A Tabela 4 mostra as operações necessárias e os valores especificados correspondentes para a limpeza da área e dos canais da nascente por onde a água escorre. O custo total estimado para essa etapa foi de R\$ 1.187,82.

Tabela 4 - Distribuição dos custos especificados necessários para a limpeza da área de APP.

Operações	Especificações	Valor Unit. (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Vassoura Metal Jardinagem C/cabo Regulável	18 arames - unidade	R\$ 28,44	2	R\$ 56,88
Enxada Cabo De Madeira	130 cm - unidade	R\$ 62,39	2	R\$ 124,78
Saco para lixo Dover-Roll Reforçado, 100 litros, preto	Rolo c/ 10 sacos	R\$ 26,54	4	R\$ 106,16
Mão de obra - 2 pessoas	R\$ 150 pessoa/dia, sendo 3 dias	R\$ 300,00	3	R\$ 900,00
CUSTO TOTAL				R\$ 1.187,82

Fonte: Autores (2022).

Para a contenção da voçoroca, foi necessário realizar as medidas das duas voçorocas para o levantamento do orçamento dos materiais escolhidos para a contenção da erosão, resultando nas medidas de 311,75m², para a nascente 1 – N1, e 140m² para a nascente 2 – N2. O custo total para a contenção da voçoroca e suas especificações é mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Distribuição dos custos especificados necessários para a contenção da voçoroca nos dois pontos da nascente.

Operações	Especificações	Valor Unit. (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Mudas de Bambu Guadua (<i>Guadua angustifolia</i>)	Unidade	R\$ 26,40	226	R\$ 5.966,40
Marcação de covas	diária	R\$ 150,00	2	R\$ 300,00
Coveamento	diária	R\$ 150,00	2	R\$ 300,00
Adubo flores e plantas NPK 4-14-8	1kg	R\$ 17,51	12	R\$ 210,12
Adubação de cova	diária	R\$ 150,00	2	R\$ 300,00
Plantio	diária	R\$ 150,00	2	R\$ 300,00
Gabião tipo caixa h = 0,50m	m ³	R\$ 314,82	1.495	R\$ 470.734,61
1 Motorista caminhão - transporte mudas de Bambu e adubos	R\$ 150/dia, sendo 1 dia	R\$ 150,00	1	R\$ 150,00
1 Caminhão - transporte mudas de Bambu e adubos	(1L diesel/Km)	R\$ 7,44	22	R\$ 163,68
1 Motorista caminhão - transporte Gabião	R\$ 150/dia, sendo 1 dia	R\$ 150,00	1	R\$ 150,00
CUSTO TOTAL				R\$ 481.738,49

Fonte: Autores (2022).

Como mostra a Tabela 5, o custo total para reparação do dano de processo erosivo presente nos dois pontos da nascente foi de R\$ 481.738,49, sendo este o custo de reparação de maior valor para a restauração da nascente. Os meios escolhidos para a contenção das voçorocas foi o plantio de Bambu Guadua (*Guadua angustifolia*) e o uso do Gabião tipo caixa

com grade. O Bambu Guadua foi utilizado nas regiões de menor declividade, com o plantio de 2 mudas a cada 4m², totalizando 226 mudas, no valor de R\$ 26,40 cada, resultando em um custo de R\$ 5.966,40.

Enquanto que para as regiões de maiores declividades, alto nível de degradação e sujeito a deslizamentos, foi adotado o uso do Gabião tipo caixa com grade para controle emergencial da erosão, com cotação por m³, de modo que a área correspondente para a inserção do gabião para o primeiro ponto (nascente 1 – N1) é de 935,25 m³ e para o segundo ponto (nascente 2 – N2) é de 560 m³, com o valor de R\$ 314,82/m³ de gabião, resultando no custo de R\$ 470.734,61, que somado as demais operações necessárias resultou no custo total de R\$ 481.738,49.

Em seguida, foi realizado o orçamento para o plantio de vegetação nativa nas áreas de menor densidade de vegetação, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Distribuição dos custos especificados necessários para o plantio de vegetação nativa.

Operações	Especificações	Valor Unit. (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Marcação de covas	diária	R\$ 150,00	4	R\$ 600,00
Coveamento	diária	R\$ 150,00	4	R\$ 600,00
Adubo flores e plantas NPK 4-14-8	1kg	R\$ 17,51	150	R\$ 2.626,50
Adubação de cova	diária	R\$ 150,00	4	R\$ 600,00
Mudas nativas	unidade	R\$ 18,45	500	R\$ 9.225,00
Plantio	diária	R\$ 150,00	4	R\$ 600,00
1 Motorista caminhão - transporte mudas e adubos	R\$ 150/dia, sendo 1 dia	R\$ 150,00	1	R\$ 150,00
1 Caminhão - transporte mudas e adubos	(1L diesel/Km)	R\$ 7,44	11	R\$ 81,84
Mão de obra - 4 pessoas	R\$ 150 pessoa/dia, sendo 4 dias	R\$ 600,00	4	R\$ 2.400,00
CUSTO TOTAL				R\$ 16.883,34

Fonte: Autores (2022).

Para o plantio da vegetação nativa, foi estimado um total de 500 mudas, seguindo um espaçamento médio de 2,0 e 3,0 metros entre as linhas de plantio, por 1,5 a 2,0 metros entre plantas na linha de plantio, seguindo metodologia de Rezende et al. (2019), no valor de R\$ 18,45 por muda, totalizando em um custo de R\$ 9.225,00 para a compra das mudas. As mudas escolhidas para plantio foram as espécies de plantas destinadas para projetos de áreas degradadas do bioma Cerrado em Mata ciliar e Área de Preservação Permanente, são elas: Gurucuia, Paineira, Tucaneira, Pau ferro, Aroeira pimenteira, Bugreiro, Pata de Vaca, Timburi e Pitanga.

Para o adubo aplicado, foi utilizado o NPK 4-14-8, que visa suprir as necessidades básicas de nutrientes para um melhor enraizamento e crescimento inicial das plantas, na dosagem de 300 g por cova, totalizando em 150 kg de adubo, resultando no valor de custo de R\$ 2.626,50. A soma de todos os valores das operações para o plantio (marcação das covas, mão de obra, caminhão para transporte e outros), o custo total para o plantio das mudas nativas foi de R\$ 16.883,34.

Desse modo, após a identificação dos danos e precificação das etapas necessárias para a restauração da área da nascente, o Custo de Reposição (**CR**) será igual a soma do custo:

- Crp** – Custo retirada das pessoas;
- Ccer** – Custo do cercamento;
- Climp** – Custo da limpeza da área;
- Ccont** – Custo contenção da voçoroca;
- Cplan** – Custo plantio da vegetação nativa.

Ficando da seguinte forma:

$$\mathbf{CR = Crp + Ccer + Climp + Ccont + Cplan.}$$

Logo, aplicando os dados na fórmula:

$$\mathbf{CR = 4.380,00 + 107.412,39 + 1.187,82 + 481.738,49 + 16.883,34}$$
$$\mathbf{CR = 611.602,04}$$

Desse modo, o Custo de Reposição total é de R\$ 611.602,04. Os valores de cada etapa são demonstrados na Tabela 7.

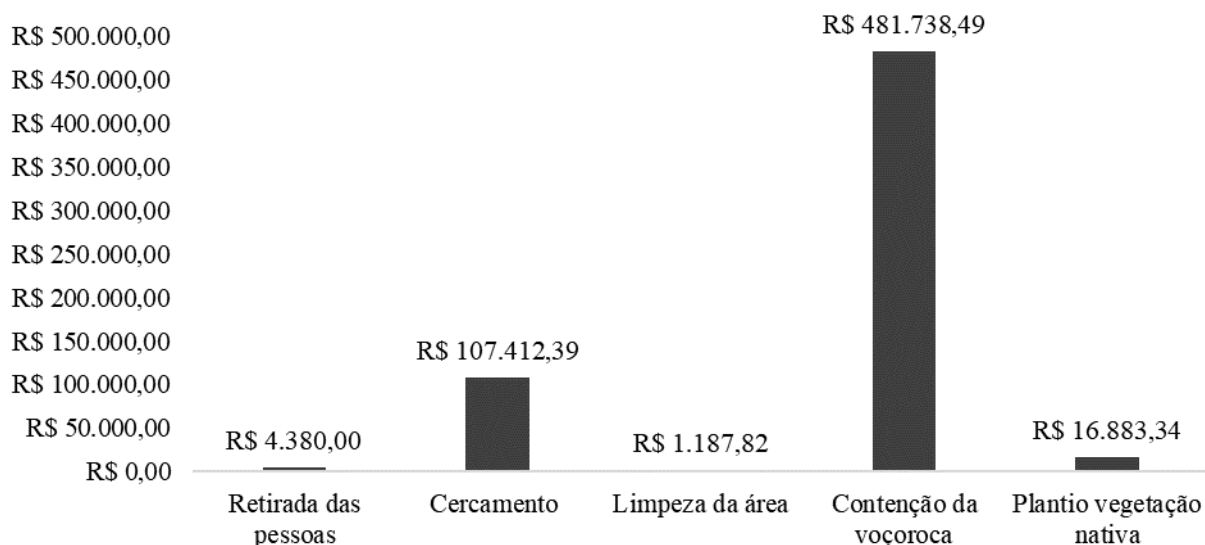
Tabela 7 - Custos totais das etapas para a restauração da nascente.

Correções	Total
Retirada das pessoas	R\$ 4.380,00
Cercamento	R\$ 107.412,39
Limpeza da área	R\$ 1.187,82
Contenção da voçoroca	R\$ 481.738,49
Plantio vegetação nativa	R\$ 16.883,34
CUSTO TOTAL	R\$ 611.602,04

Fonte: Autores (2022).

Na Figura 6 é possível visualizar a diferença dos custos para cada etapa de correção para a restauração da nascente.

Figura 6 - Custos totais especificados para a reparação dos danos identificados na área da nascente.



Fonte: Autores (2022).

A etapa de maior custo para reparação é a Contenção da voçoroca, no valor de R\$ 481.738,49, seguido pelo Cercamento da área no valor de R\$ 107.412,39. O Plantio de vegetação nativa se apresenta como a terceira medida de reparação de maior custo com R\$ 16.883,34. A etapa para a retirada das pessoas se apresenta com um custo de R\$ 4.380,00, enquanto a etapa de Limpeza da área é a medida de menor custo para a restauração da nascente, no valor de R\$ 1.187,82.

4. Conclusão

O presente trabalho demonstrou que o valor total após a soma de cada reparação a um dano causado a uma área prestadora de serviços ambientais pode ser de elevado custo. O custo total necessário para a restauração da nascente do estudo é de R\$ 611.602,04. Ao considerar o rendimento médio mensal da população do município de Uruaçu correspondente a 2,1 salários mínimos (R\$ 2.545,20), segundo o IBGE (2020), o custo de restauração estimado apresenta um valor alto, indicando que a preservação de uma área ambiental pode ser mais econômico do que a reparação após a degradação pelo mau uso dos seus recursos naturais.

O levantamento do custo total de reposição com o objetivo de restaurar uma área ambiental para que o mesmo se encontre em condições de preservação e dentro das determinações previstas por leis, se mostra necessário e importante para demonstrar o quanto os bens e serviços ambientais fornecidos são depreciados. Por sua vez, o reconhecimento dos serviços ambientais e o seu valor para a recomposição após intensivos usos indica um possível caminho à conscientização da sociedade e a uma melhor gestão desses recursos.

Desse modo, é possível concluir que o Método do Custo de Reposição se mostrou adequado para a valoração da nascente, que possui grande importância para o abastecimento hídrico regional por irrigar canais de água pertencentes a bacia hidrográfica do rio Passa-Três. Ainda, chama a atenção para a necessidade urgente da preservação das Áreas de Preservação Permanente como parte das políticas públicas e estratégias para o desenvolvimento regional, sendo este o principal desafio para o equilíbrio entre o desenvolvimento e a utilização dos recursos naturais, demonstrando a necessidade de trabalhos que busquem construir relações entre esses caminhos e da observância dos instrumentos legais criados para a preservação dos valiosos e finitos recursos naturais.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- Andrade, M. H. da S., Freitas, S. C. de., & Eleutério, A. dos S. (2020). Qualidade ecológica da água: monitoramento com bioindicadores e análise do uso e ocupação da terra em uma bacia hidrográfica urbana. *Brazilian Journal of Development*, 6(11), 88187–88200.
- Ansolin, R. D., Santos, K. S. M., Fernandes, A. P. D. & Schinato, F. (2018). Environmental valuation of permanent preservation areas of the Passaúna river watershed, Paraná State. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 17(1), 118–127.
- Bonnet, B. R. P., Ferreira, L. G. & Lobo, F. C. (2008). Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica. *Revista Árvore*, 32(2), 311–322.
- Brasil. (2012a). Lei nº 12.651 de 25 de Maio de 2012. Estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de preservação permanente. <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/ato2011-2014/2012/lei/112651.html>.
- Brasil. (2012b). Lei nº 12.727 de 17 de Outubro de 2012. Estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de preservação permanente, altera a lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/ato2011-2014/2012/lei/112727.html>.
- Castro, J. D. B. & Nogueira, J. M. (2019). *Valoração econômica ambiental - métodos da função produção: teorias e estudos de caso*. Curitiba: CRV. 196 p.
- Facco, J., Junior Oliveira, S. F., Caregnatto, F. G., Cancelier, J. W. & Netto, T. A. (2021). Valoração de recursos hídricos vinculado à produção animal: estudo de caso em propriedade rural em Marema, Santa Catarina, Brasil. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, 7(4), 36662-36684.
- Gandara, G. S. (2017). Rios: território das águas às margens das cidades: o caso dos rios de Uruaçu-GO. *Confins*, 31, 1–26.
- Garcia, J. M., Mantovani, P., Gomes, R. C., Longo, R. M., Demanboro, A. C. & Bettine, S. do C. (2018). Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. *Sociedade & Natureza*, 30(1), 228–254.
- Garcia, M. I. M., Jara, S. D. M., Schlee, M. B., Silva Júnior, O. P. & Coelho Netto, A. L. (2016). Uso do solo e vulnerabilidade socioambiental na sub-bacia do alto rio das pedras (Rio de Janeiro/RJ): subsídios para regeneração de rios neotropicais. *Revista do Departamento de Geografia*, 1(32), 29-38.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2022). *Base Cartográfica – Municípios*. Brasília. <http://www.sieg.go.gov.br/siegedownloads>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2020). *Panorama do trabalho e rendimento do município de Uruaçu-GO*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/uruacu/panorama>.
- Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos – IMB. (2015). *Secretaria de Estado da Economia de Goiás*. <http://www.imb.go.gov.br/>.
- Melo, A. C. A. & Martins, P. T. A. (2020). Contribuição das áreas de proteção ambiental na conservação do cerrado. *Revista de Geografia*. 37(2), 31-42.
- Moraes, R. A. & Nascimento, A. T. A. (2020). A análise temporal do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Piracicaba em Minas Gerais. *Geoambiente On-line*. 38, 19–37.
- Paz, O. L. de S. & Ribeiro, I. A. (2020). Preservação Permanente de rio e nascentes em bairros de Colombo/Paraná. *Revista eletrônica da associação dos geógrafos brasileiros seção três lagoas*. 1, 290–323.
- Peixoto, J. de S. G., da Cunha, L. S., do Rego, E. L. & Araújo, D. F. (2018). Avaliação da qualidade dos recursos hídricos superficiais no alto curso da bacia hidrográfica do córrego Campo Alegre – Goiás. *Geochimica Brasiliensis*, 31(1), 1-14.
- Rezende, D. C., Veloso, S. J. R. & Leão, M. A. (2018). *Como plantar uma muda de árvore nativa para enriquecer sua propriedade*. Belo Horizonte: EMATER-MG. 18 p.
- Salles, L. A. S. (2020). *Sensoriamento remoto e análise espacial na determinação de processos hidrológicos no bioma Cerrado*. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas e Geodinâmica) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.
- Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás – SIEG. (2021). *Base cartográfica e mapas temáticos do Estado de Goiás: arquivos SIGs (shape)*. <http://www.sieg.go.gov.br/siegedownloads/>.
- Superintendência de Geologia e Mineração – SIC. (2006). *Base cartográfica e mapas temáticos do Estado de Goiás: arquivos SIGs (shape)*. <http://www.sieg.go.gov.br/siegedownloads/>.