



REVISTA
Casa da

ISSN 2316-8056

GEOGRAFIA
de Sobral

VALORAÇÃO ECONÔMICA E RESTAURAÇÃO AMBIENTAL: UM OLHAR NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO PASSA-TRÊS PARA A CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Economic valuation and environmental restoration: an insight into the permanent preservation areas of Passa-Três river for water resources conservation

Évaluation économique et restauration environnementale: un regard sur les zones de préservation permanente de la rivière Passa-Três pour la conservation des ressources hydriques

 <https://doi.org/10.35701/rcgs.v26.985>

Wellington Ribeiro Martins¹

Joana D'arc Bardella Castro²

Adriana Aparecida Silva³

Histórico do Artigo:

Recebido em 21 de setembro de 2023

Aceito em 09 de agosto de 2024

Publicado em 16 de agosto de 2024


RESUMO

A valoração econômica ambiental atribui valor monetário aos recursos naturais, o qual estima o montante necessário para a restauração de ambientes degradados por meio do Método de Custo de Reposição (MCR). Este parâmetro desempenha um papel fundamental na fundamentação de decisões ambientais. Neste contexto, o estudo em questão realizou a valoração ambiental da Área de Preservação Permanente (APP) do rio Passa-Três utilizando o MCR com o propósito de estimar os custos associados à restauração das áreas degradadas. Por meio da análise dos dados quantitativos da área de APP, foram estabelecidas medidas corretivas destinadas à recuperação das áreas


¹ Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais do Cerrado - RENAC, pela Universidade Estadual de Goiás (UEG). Email: wellmartins@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4069-3396>

² Professora titular da Universidade Estadual de Goiás (UEG) e docente do programa em Recursos Naturais do Cerrado – RENAC, e do programa em Territórios e Expressões Culturais do Cerrado – TECCER, Universidade Estadual de Goiás (UEG). Email: joanabardellacastro@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3048-3483>

³ Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Centro de Ensino e Aprendizagem em Rede (CEAR) e colaboradora do corpo docente do Programa de Mestrado Interdisciplinar “Territórios e Expressões Culturais do Cerrado” (TECCER), Universidade Estadual de Goiás (UEG). Email: ueg.adriana@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8711-1517>

degradadas, e o método MCR foi empregado para calcular os custos correspondentes. Os resultados obtidos revelaram que a APP do rio Passa-Três encontra-se em estado de degradação, resultante da substituição da vegetação natural por pastagem. O custo estimado para a restauração integral da área foi calculado em R\$ 103.833.805,77, e levanta questionamentos quanto à atribuição de responsabilidades pelos custos envolvidos e ao compromisso com a preservação do manancial, atuando como um estímulo à criação de programas voltados para a proteção e preservação ambiental. **Palavras-Chave:** Desmatamento. Economia ambiental. Preservação ambiental. Recursos naturais.

ABSTRACT

Environmental economic valuation assigns monetary value to natural resources, which estimates the amount necessary for the restoration of degraded environments through the Replacement Cost Method (RCM). This parameter plays a fundamental role in grounding environmental decisions. In this context, the study in question conducted the environmental valuation of the Permanent Preservation Area (PPA) of the Passa-Três River using RCM to estimate the costs associated with the restoration of degraded areas. Through the analysis of quantitative data from the PPA, corrective measures were established for the recovery of degraded areas, and the RCM method was employed to calculate the corresponding costs. The results obtained revealed that the PPA of the Passa-Três River is in a state of degradation, resulting from the replacement of natural vegetation with pasture. The estimated cost for the full restoration of the area was calculated at R\$ 103,833,805.77, raising questions about the allocation of responsibilities for the costs involved and the commitment to the preservation of the water source, acting as an incentive for the creation of programs aimed at environmental protection and preservation.

Keywords: Deforestation. Environmental economics. Environmental preservation. Natural resources.

RÉSUMÉ

La valorisation économique environnementale attribue une valeur monétaire aux ressources naturelles, estimant le montant nécessaire à la restauration des environnements dégradés par le biais de la Méthode de Coût de Remplacement (MCR). Ce paramètre joue un rôle fondamental dans la prise de décisions environnementales. Dans ce contexte, l'étude en question a réalisé la valorisation environnementale de la Zone de Protection Permanente (ZPP) de la rivière Passa-Três en utilisant la MCR dans le but d'estimer les coûts associés à la restauration des zones dégradées. À travers l'analyse des données quantitatives de la ZPP, des mesures correctives ont été établies pour la récupération des zones dégradées, et la méthode MCR a été utilisée pour calculer les coûts correspondants. Les résultats obtenus ont révélé que la ZPP de la rivière Passa-Três est en état de dégradation, résultant de la substitution de la végétation naturelle par des pâturages. Le coût estimé pour la restauration complète de la zone a été calculé à R\$ 103 833 805,77, soulevant des questions concernant l'attribution des responsabilités pour les coûts engagés et l'engagement envers la préservation de la source d'eau, agissant comme un stimulus à la création de programmes axés sur la protection et la préservation de l'environnement.

Mots-clés: Déforestation. Économie environnementale. Préservation de l'environnement. Ressources naturelles.

INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal marginal dos rios, também denominada como Áreas de Preservação Permanente (APPs), tem como principal função assegurar a proteção dos corpos hídricos. Neste contexto, o primeiro ato de degradação refere-se à remoção da vegetação nativa para fins diversos de uso e ocupação da terra, o que se materializa mediante a prática de desmatamento ou queimadas, ocasionando, por conseguinte, a alteração e degradação dos habitats naturais (BONNET et al., 2008). Esses impactos têm consequências diretas na qualidade dos recursos naturais, afetando significativamente a qualidade de vida das populações locais.

No município de Uruaçu, situado no estado de Goiás, o rio Passa-Três assume um papel primordial no fornecimento de água potável à população. No entanto, as atividades agropecuárias na região têm contribuído para a degradação do manancial Passa-Três (GANDARA, 2017). Essa degradação é majoritariamente atribuída à supressão da vegetação e à remoção das APPs, expondo os rios a processos erosivos, assoreamento e contaminação do canal. Além disso, tais ações comprometem a disponibilidade de água destinada ao abastecimento humano e às atividades urbanas, notadamente no caso específico do rio Passa-Três, em Uruaçu, Goiás.

Neste sentido, a identificação e mapeamento das Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água representam uma abordagem de suma importância para o planejamento territorial (EUGENIO et al., 2011), possibilitando o desenvolvimento regional em consonância com a preservação dos recursos naturais. Essa abordagem ganha ainda mais relevância devido à consideração dos recursos naturais como bens de valor inestimável (Fritz Filho et al., 2004), resultando em desequilíbrios ambientais decorrentes do uso desenfreado e degradante do ecossistema (Ansolin et al., 2018).

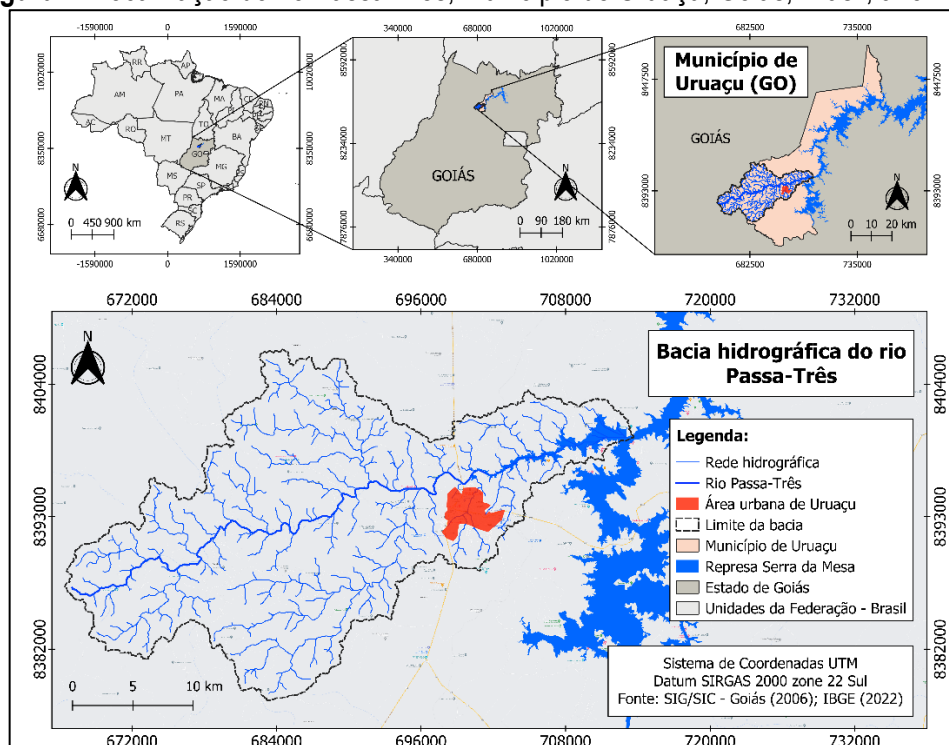
O Método Custo de Reposição (MCR) emerge, então, como uma ferramenta crucial na valoração econômica ambiental, desempenhando um papel de destaque na avaliação dos custos incorridos pelos usuários ou consumidores na recuperação de ativos produtivos afetados pela degradação, seja esta causada por poluição ou uso inadequado dos recursos naturais. O MCR estabelece uma relação direta com os preços de mercado e a produtividade, fundamentando-se em relações físicas que explicam as causas e os efeitos do processo. Em síntese, o método implica na análise dos gastos estimados necessários para restabelecer a capacidade produtiva de um recurso natural afetado (CASTRO; NOGUEIRA, 2019).

Nesse contexto, o presente estudo visa realizar a valoração econômica ambiental das Áreas de Preservação Permanente ao longo do rio Passa-Três, por meio da aplicação do Método Custo de Reposição, a fim de estimar o valor total estimado para a restauração da APP que margeia esse manancial. A recuperação da APP se revela crucial para a recuperação do equilíbrio natural da área, sobretudo no que concerne à qualidade e preservação dos recursos hídricos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O rio Passa-Três está localizado na região centro-sul do município de Uruaçu, região norte do estado de Goiás. Possui uma extensão de 61,40 km e está dentro das coordenadas UTM zone 22 Sul N 8399586.70, E 712992.16, S 8386448.76 e W 667024,45 (Figura 1)

Figura 1: Localização do rio Passa-Três, município de Uruaçu, Goiás, Brasil, ano 2021.



Organização: Próprios autores.

No software livre QGIS 3.10, foi realizada uma análise da Área de Preservação Permanente ao longo de todo o curso do rio Passa-Três. A identificação das áreas de acordo com seu estado de conservação e degradação foi realizada mediante análise do uso e ocupação da terra nos mapas produzidos a partir das imagens obtidas da Coleção 7 da plataforma MapBiomias, ano 2021.

Em seguida, foram determinadas as medidas de restauração necessárias para cada tipo de degradação identificada, com o intuito de estabelecer as ações apropriadas para restauração das áreas afetadas, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1: Tipos de degradação na APP do rio Passa-Três e as medidas para a restauração da área.

TIPO DE DEGRADAÇÃO	MEDIDAS PARA RESTAURAÇÃO
Pastagem	Reflorestamento
Pouca vegetação nativa	Reflorestamento
Agricultura	Reflorestamento
Construções	Desobstrução da área e reflorestamento

Fonte: Próprios autores.

Após realizar o levantamento da condição atual da Área de Preservação Permanente (APP), procedeu-se à quantificação da área em hectares e percentual. Em seguida, foi realizada a valoração econômica, estimando os custos necessários para restaurar e reparar os danos ocasionados pela ocupação ilegal e irregular da área da APP.

O Método Custo de Reposição (MCR) foi aplicado para a valoração ambiental, por ser amplamente utilizado para calcular os custos necessários para a reparação de impactos ambientais. Desse modo, este método permite a representação do valor necessário para restaurar o meio ambiente ao nível de qualidade anterior à degradação (SARMIENTO, 2003; CASTRO; NOGUEIRA, 2019).

Caracterizado como um método indireto, o MCR é especialmente aplicável em situações onde o recurso ambiental em análise está relacionado à produção ou ao uso de insumos na fabricação de bens comercializados no mercado. A premissa central do MCR baseia-se na reparação dos danos ambientais, a partir da compreensão de que a magnitude do prejuízo econômico é proporcional à extensão do dano causado.

Num cenário em que os recursos ambientais se tornam cada vez mais escassos e sua utilização ocorre sem um planejamento de gestão adequado, o MCR assume um papel crucial ao demonstrar que a frequência de reparações e o grau de degradação se refletem diretamente no aumento dos custos de produção e manutenção, o que, por sua vez, culmina em uma elevação dos preços no mercado (CASTRO; NOGUEIRA, 2019).

Assim, a valoração econômica ambiental foi realizada com o objetivo de estimar o valor necessário para a restauração das áreas de preservação permanente ao longo do rio Passa-Três, em conformidade com as determinações do Código Florestal Brasileiro – Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012a).

A recomposição de um bem degradado requer uma definição clara do ativo que foi considerado objeto de degradação e que será restaurado (CARVALHO, 2011). Nesse sentido, o estudo

considera o rio Passa-Três como um ativo ambiental degradado, sendo esse rio um fornecedor crucial de recursos ambientais para a população e o meio ambiente regional.

A recomposição do rio e a preservação de sua Área de Preservação Permanente envolvem a reposição da vegetação nativa, estimando-se os custos de mercado para a restauração do serviço danificado, que é o uso da água proveniente desse recurso hídrico, o rio Passa-Três. Diante disso, o objetivo principal é apresentar uma proposta de restauração para a área degradada, estimando o custo total necessário para adequar as áreas de preservação permanente de acordo com a legislação vigente e assegurar sua preservação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quantificação dos tipos de degradação

Os tipos de degradação da Área de Preservação Permanente (APP) do rio Passa-Três, juntamente com sua quantificação em hectares e percentuais, estão apresentados na Tabela 1. É importante ressaltar que a área de APP em conformidade com a legislação é de apenas 223,11 hectares, representando apenas 12,67% do total, o que é considerado uma proporção muito baixa em relação à extensão total do rio.

Quanto à condição inadequada da APP, a ocupação por pastagem é a principal causa, abrangendo uma área de 641,16 hectares ou 36,41% do total. As áreas com pouca vegetação nativa ou solo exposto representam 521 hectares ou 29,58% da área, seguidas pelas áreas invadidas por construções residenciais ou rurais, que ocupam 327,38 hectares ou 18,59% da área. Por fim, as áreas invadidas pela agricultura apresentam a menor extensão, totalizando apenas 48,49 hectares ou 2,75% do total.

Tabela 1: Distribuição em hectare e percentual da condição das áreas de APP ao longo do rio Passa-Três, ano 2021.

Condição da APP	Área (ha)	Área (%)
Pastagem	641,16	36,41
Pouca vegetação nativa	521,00	29,58
Construções	327,38	18,59
Adequada	223,11	12,67
Agricultura	48,49	2,75
TOTAL	1.761,15	100

Fonte: Próprios autores.

Desse modo, com base no levantamento da atual situação ambiental da Área de Preservação Permanente (APP) do rio Passa-Três, considerando as determinações legais pertinentes, bem como a identificação das correções necessárias para uma restauração completa da área, procedeu-se à realização de um levantamento detalhado dos custos necessários através da aplicação do Método Custo de Reposição.

Aplicação do Método Custo de Reposição – MCR

A recomposição da Área de Preservação Permanente (APP) é realizada por meio do reflorestamento das áreas degradadas e ocupadas de forma ilegal. Na Tabela 1 foi apresentada as classificações, respectivas áreas e a porcentagem de cada área degradada que requer medidas de restauração. Entre essas áreas, foram identificadas aquelas que têm acesso direto ao solo, sem construções ou obstruções, sendo elas: I) APP invadida pela pastagem, II) APP invadida pela agricultura e III) APP com pouca vegetação nativa e solo exposto.

No caso das áreas com residências e outras construções urbanas e rurais, é necessário realocar os moradores, demolir as estruturas e remover os entulhos para um local adequado, antes de prosseguir com o tratamento do solo e o subsequente reflorestamento.

Para as Áreas de Preservação Permanente, o reflorestamento das margens do rio é considerado a melhor alternativa para promover os benefícios das APPs para os mananciais. Essa abordagem envolve o plantio de vegetação nativa, garantindo a proteção do manancial contra o assoreamento proveniente de áreas distantes e prevenindo a erosão do solo nas margens do curso d'água. Isso contribui para a normalização do ciclo hidrológico e a adequada regulação do volume das águas (KUNTSCHIK et al., 2011).

Dessa forma, foi realizado o cálculo inicial da estimativa dos custos necessários para o reflorestamento de cada área que possui acesso direto ao solo, ou seja, as áreas ocupadas pela pastagem (I), agricultura (II) e com pouca vegetação nativa e solo exposto (III).

Custo calculado para o reflorestamento das APPs invadidas pela pastagem

A Área de Preservação Permanente (APP) invadida pela pastagem abrange uma extensão de 6.411.591,47 m² ou 641,16 ha. Nesse sentido, foi elaborado um orçamento para o plantio de vegetação nativa nessas áreas ocupadas pela pastagem, conforme demonstrado na Tabela 2.

Para o plantio da vegetação nativa, adotou-se o espaçamento padrão de 2m x 2m, o que corresponde a 2.500 plantas por hectare, totalizando a necessidade de 1.602.900,00 mudas para o reflorestamento da área de 641,16 ha ocupada pela pastagem. O processo de reflorestamento foi estimado em 60 dias e requeria a contratação de 120 trabalhadores, com o valor diário de R\$ 150,00 por pessoa. Esse valor inclui a mão de obra para a marcação de covas, escavação, plantio e adubação, totalizando um custo de R\$ 1.080.000,00.

Quanto às covas, foi estabelecido o uso de 60 cavadeiras (R\$ 2.055,00) e a utilização de estacas, calculadas com base em kits contendo 50 estacas, ao preço de R\$ 22,95 a unidade. Seriam necessários 32.058 kits de 50 estacas para o plantio total das mudas, totalizando um valor de R\$ 735.731,10.

O cálculo do adubo NPK 4-14-8 foi realizado considerando um pacote de 1 kg, no valor de R\$ 23,71. A aplicação de 250g por cova resultou na necessidade de 400.725kg de adubo para todas as plantas, totalizando um valor de R\$ 9.501.189,75.

Para o transporte dos trabalhadores, estipulou-se o uso de 3 ônibus convencionais para acomodar as 120 pessoas. O valor do frete por ônibus foi calculado em R\$ 6,60 por km, considerando a quilometragem da extensão do rio e das estradas de acesso (distância de 138 km, incluindo ida e volta). Isso resultou em um custo de frete por ônibus de R\$ 910,80. Quanto à alimentação dos trabalhadores, estabeleceu-se um vale-alimentação individual no valor de R\$ 350,00, totalizando R\$ 42.000,00.

Tabela 2: Distribuição dos custos especificados necessários para o reflorestamento da APP ocupada pela pastagem, ano 2021.

Operações	Especificações	Valor Unit. (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Mão de obra	60 dias	9.000,00	120 pessoas	1.080.000,00
Transporte dos trabalhadores	Frete ônibus	910,80	3	2.732,40
Alimentação dos trabalhadores	Vale-alimentação	350,00	120	42.000,00
Cavadeira	Unidade	34,25	60 unidades	2.055,00
Estaqueamento	Kit 50 estacas de 35cm	22,95	32.058 kits	735.731,10
Adubo NPK 4-14-8	Pacote de 1kg	23,71	400.725 kg	9.501.189,75

Mudas de plantas	Unidade	19,75	1.602.900 plantas	31.657.275,00
Frete transporte das mudas	Caminhão	1.181,28	8 caminhões	9.450,24
Frete transporte dos adubos	Caminhão	1.181,28	8 caminhões	9.450,24
CUSTO TOTAL				43.039.883,73

Fonte: Próprios autores.

O frete para o transporte das mudas de plantas e dos adubos foi calculado com base na quilometragem para transporte de cargas gerais na região do município de Uruaçu. O valor cobrado é de R\$ 8,56 por km, considerando a mesma quilometragem mencionada anteriormente (138 km, incluindo ida e volta). Dessa forma, o custo de frete por caminhão foi de R\$ 1.181,28. Com a necessidade de 16 caminhões para o transporte das mudas de plantas e dos adubos, o valor total do frete foi de R\$ 18.900,48.

Portanto, o custo total estimado para o reflorestamento das áreas de APP invadidas pela pastagem é de R\$ 43.039.883,73. O item de maior valor é a compra das mudas de plantas (R\$ 31.657.275,00), seguido pelo adubo (R\$ 9.501.189,75).

Custo total para o reflorestamento das APPs invadidas pela agricultura

A área de APP invadida pela agricultura corresponde a 484.940,05 m² ou 48,49 ha. Assim, foi realizado o orçamento estimado para o plantio de vegetação nativa nessas áreas ocupadas pela agricultura, conforme demonstrado na Tabela 3.

Para o plantio da vegetação nativa, utilizou-se o espaçamento padrão de 2m x 2m, equivalente a 2.500 plantas/ha, totalizando 121.225 mudas necessárias para o reflorestamento da área de 48,49 ha ocupada pela agricultura. O reflorestamento foi planejado para ocorrer em 30 dias, com a participação de 100 trabalhadores. O valor da diária por pessoa foi estipulado em R\$ 150,00, englobando a mão de obra para marcação de covas, coveamento, plantio e adubação, totalizando um custo de R\$ 4.500,00.

Tabela 3: Distribuição dos custos especificados necessários para o reflorestamento da APP ocupada pela agricultura, ano 2021.

Operações	Especificações	Valor Unit. (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Mão de obra	30 dias	4.500,00	100 pessoas	450.000,00
Transporte dos trabalhadores	Frete ônibus	910,80	3	2.732,40
Alimentação dos trabalhadores	Vale-alimentação	350,00	100	35.000,00
Cavadeira	Unidade	34,25	50 unidades	1.712,50
Estaqueamento	Kit 50 estacas de 35cm	22,95	2.426 kits	55.676,70
Adubo NPK 4-14-8	Pacote de 1kg	23,71	30.306 kg	718.561,19
Mudas de plantas	Unidade	19,75	121.225 plantas	2.394.193,75
Frete transporte das mudas	Caminhão	1.181,28	3 caminhões	3.543,84
Frete transporte dos adubos	Caminhão	1.181,28	3 caminhões	3.543,84
CUSTO TOTAL				3.664.964,22

Fonte: Próprios autores.

Para a escavação das covas, estabeleceu-se o uso de 50 cavadeiras (R\$ 1.712,50), juntamente com a utilização de estacas calculadas a partir de um kit com 50 unidades, no valor de R\$ 22,95. Serão necessários 2.426 kits de 50 estacas para o plantio total das mudas, totalizando um custo de R\$ 55.676,70. O adubo NPK 4-14-8 foi calculado com base em pacotes de 1 kg, no valor de R\$ 23,71 cada. Será aplicada uma quantidade de 250g de adubo por cova, totalizando 30.306 kg de adubo para todas as plantas. O valor total estimado para o adubo é de R\$ 718.561,19.

Quanto ao transporte dos trabalhadores, considerou-se o uso de 3 ônibus convencionais para as 100 pessoas. O valor do frete do ônibus é de R\$ 6,60 por km, calculado com base na quilometragem total, incluindo ida e volta, ao longo do rio e das estradas de acesso, que corresponde a 138 km. Assim, o valor total do frete por ônibus é de R\$ 910,80. Para a alimentação dos trabalhadores, estimou-se o custo de um vale-alimentação individual no valor de R\$ 350,00, totalizando R\$ 35.000,00.

O frete para o transporte das mudas e dos adubos foi calculado com base na quilometragem para transporte de cargas gerais na região do município de Uruaçu. O valor cobrado é de R\$ 8,56 por

km, considerando a distância total de 138 km, incluindo ida e volta. Para o transporte das mudas de plantas e dos adubos, serão necessários 6 caminhões, totalizando um valor de frete de R\$ 7.087,68.

Desse modo, o custo total para o reflorestamento das áreas de APP invadidas pela agricultura é de R\$ 3.664.964,22. Da mesma forma que no cálculo para o reflorestamento das áreas com pastagem, o item de maior valor observado foi a compra das mudas de plantas (R\$ 2.394.193,75), seguido pelo adubo (R\$ 718.561,19).

Custo total para o reflorestamento das APPs com pouca vegetação nativa e solo exposto

A área de APP com pouca vegetação nativa corresponde a 5.210.010,46 m² ou 521,00 ha. Assim, realizou-se um orçamento estimado para o plantio de vegetação nativa nessas áreas, que apresentam baixa densidade de vegetação nativa e solo exposto, como demonstrado na Tabela 4.

Para o plantio da vegetação nativa, utilizou-se o espaçamento padrão de 2m x 2m, o que equivale a 2.500 plantas/ha. Portanto, serão necessárias 1.302.500 mudas para reflorestar a área de 521,00 ha com pouca vegetação nativa. O período estimado para o reflorestamento foi de 60 dias, com a participação de 120 trabalhadores. O valor diário por pessoa foi estabelecido em R\$ 150,00, incluindo a mão de obra para marcação de covas, coveamento, plantio e adubação, totalizando um custo de R\$ 9.000,00.

Tabela 4: Distribuição dos custos especificados necessários para o reflorestamento da APP com pouca vegetação nativa, ano 2021.

Operações	Especificações	Valor Unit. (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Mão de obra	60 dias	9.000,00	120	1.080.000,00
Transporte dos trabalhadores	Frete ônibus	910,80	3	2.732,40
Alimentação dos trabalhadores	Vale-alimentação	350,00	120	42.000,00
Cavadeira	Unidade	34,25	60	2.055,00
Estaqueamento	Kit 50 estacas de 35cm	22,95	26.050	597.847,50
Adubo NPK 4-14-8	Pacote de 1kg	23,71	325.625	7.720.568,75
Mudas de plantas	Unidade	19,75	1.302.500	25.724.375,00

Frete transporte das mudas	Caminhão	1.181,28	7	8.268,96
Frete transporte dos adubos	Caminhão	1.181,28	7	8.268,96
CUSTO TOTAL				35.186.116,57

Fonte: Próprios autores.

Quanto à escavação das covas, previu-se o uso de 60 cavadeiras (R\$ 2.055,00), juntamente com a utilização de estacas calculadas com base em kits contendo 50 estacas, no valor de R\$ 22,95 cada. Serão necessários 26.050 kits de 50 estacas para o plantio total das mudas, totalizando um custo de R\$ 597.847,50. O adubo NPK 4-14-8 foi calculado considerando pacotes de 1 kg, com o valor de R\$ 23,71 cada. Será aplicada uma quantidade de 250g de adubo por cova, totalizando 325.625 kg de adubo para todas as plantas. O valor total estimado para o adubo é de R\$ 7.720.568,75.

O frete para o transporte das mudas e dos adubos foi calculado com base na quilometragem para transporte de cargas gerais na região do município de Uruaçu. O valor cobrado é de R\$ 8,56 por km, considerando a distância total ao longo do rio e das estradas de acesso, incluindo a ida e a volta, que corresponde a 138 km. Assim, o valor total do frete por caminhão é de R\$ 1.181,28, sendo necessários 14 caminhões para transportar as mudas de plantas e os adubos, totalizando um valor de R\$ 16.537,92.

Para o transporte dos trabalhadores, estabeleceu-se o frete de 3 ônibus convencionais, para as 120 pessoas. O valor do frete do ônibus é de R\$ 6,60 por km, calculado com base na quilometragem total ao longo do rio e das estradas de acesso, incluindo a ida e a volta, que corresponde a 138 km. Assim, o valor total do frete por ônibus é de R\$ 910,80. Para a alimentação dos trabalhadores, estimou-se o custo de um vale-alimentação individual no valor de R\$ 350,00, totalizando R\$ 42.000,00.

Dessa forma, o custo total para o reflorestamento das áreas de APP com pouca vegetação nativa é de R\$ 35.186.116,57. O item de maior valor observado foi a compra das mudas de plantas (R\$ 25.724.375,00), seguido pelo adubo (R\$ 7.720.568,75), mantendo a tendência observada para o reflorestamento das áreas ocupadas pela pastagem e agricultura.

Custo total para o reflorestamento das APPs ocupadas pelas construções

O reflorestamento das APPs invadidas pelas construções envolve a desocupação da área pelos habitantes, seguida pela desobstrução e plantio das mudas de vegetação nativa. Para isso, a primeira ação necessária é a retirada das pessoas das áreas destinadas à preservação permanente. A

área de APP invadida pelas construções abrange 3.273.825,41 m² ou 327,38 ha. Os dados e valores referentes às ações necessárias estão descritos na Tabela 5.

No primeiro momento, é necessário intervir nos locais das construções por meio de um acolhimento realizado pela assistência social em conjunto com a prefeitura, para tomar as decisões cabíveis a cada situação específica de invasão à APP. Em seguida, as construções devem ser demolidas e o entulho devidamente recolhido e destinado, permitindo assim o início do plantio das mudas.

Para a desobstrução das áreas invadidas pelas construções, é preciso proceder à demolição das estruturas. O valor estimado do aluguel de uma retroescavadeira no município é de R\$ 180,00 por hora. Considerando um período de 8 dias para a demolição, com 8 horas de trabalho diárias (totalizando 64 horas), o valor total do aluguel é de R\$ 11.520,00.

Para a coleta do entulho, calculou-se o valor do aluguel de uma caçamba, que é de R\$ 150,00 por dia. Levando em conta os 8 dias estimados para a demolição, o valor total do aluguel da caçamba é de R\$ 1.200,00. Já os motoristas têm um custo de R\$ 170,00 por diária, resultando em um total de R\$ 2.720,00 para 2 motoristas (um para a retroescavadeira e outro para a caçamba) durante os 8 dias de serviço. A mão de obra, composta por 25 colaboradores para a limpeza e coleta de entulhos, tem o custo diário de R\$ 150,00 por pessoa. Com uma duração de 8 dias, o valor total para a mão de obra é de R\$ 30.000,00. Assim, o custo total para a retirada das pessoas é de R\$ 45.440,00.

Tabela 5: Distribuição das ações e dos custos necessários para a retirada das pessoas e desobstrução da área para reflorestamento das APPs invadidas pelas construções, ano 2021.

Ações	Especificações	Valor Unit. (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Acolhimento				
Aluguel 1 retro escavadeira	Aluguel para 64 horas	180,00	64 horas	11.520,00
Aluguel 1 caçamba	Aluguel para 8 dias	150,00	8 dias	1.200,00
1 Motorista retro escavadeira	8 dias	170,00	8 dias	1.360,00
1 Motorista caçamba	8 dias	170,00	8 dias	1.360,00
Mão de obra	25 pessoas	3.750,00	8 dias	30.000,00
CUSTO TOTAL				45.440,00

Fonte: Próprios autores.

Após a desobstrução e acesso facilitado ao solo, calculou-se o valor necessário para o reflorestamento das áreas de APP invadidas pelas construções, que abrangem 3.273.825,41 m² ou 327,38 ha, como demonstrado na Tabela 6. Para o plantio da vegetação nativa, foi adotado o espaçamento padrão de 2m x 2m, equivalente a 2.500 plantas por hectare, totalizando 818.450 mudas necessárias para o reflorestamento da área de 327,38 ha.

O reflorestamento está previsto para um período de 30 dias, envolvendo a participação de 100 trabalhadores. Cada trabalhador receberá uma diária no valor de R\$ 150,00, e eles serão responsáveis pela marcação de covas, coveamento, plantio e adubação, totalizando um custo total de mão de obra de R\$ 450.000,00.

Para a abertura das covas, foi estabelecido o uso de 50 cavadeiras, cujo valor é de R\$ 1.712,50. Além disso, foram calculadas as estacas necessárias com base em kits contendo 50 estacas, cada kit no valor de R\$ 22,95. Seriam necessários 16.369 kits de 50 estacas para a quantidade total de mudas a serem plantadas, resultando em um custo total de R\$ 375.668,55. O adubo NPK 4-14-8 foi calculado com base no pacote de 1 kg, no valor de R\$ 23,71. Será aplicada uma quantidade de 250g por cova, o que resulta na necessidade de 204.613 kg de adubo para todas as plantas. O valor total estimado para o adubo é de R\$ 4.851.362,38.

Quanto ao frete para o transporte das mudas e adubos, foi calculado com base na distância em quilômetros para o transporte de cargas gerais na região de Uruaçu. O valor cobrado é de R\$ 8,56 por quilômetro. Considerando a distância total de ida e volta de 138 km, é necessário o uso de 14 caminhões para o transporte das mudas e adubos. O valor total do frete por caminhão é de R\$ 1.181,28, resultando em um valor total de frete de R\$ 16.539,92.

Tabela 6: Distribuição dos custos especificados necessários para o reflorestamento da APP ocupada pelas construções, ano 2021.

Operações	Especificações	Valor Unit. (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Mão de obra	30 dias	4.500,00	100 pessoas	450.000,00
Transporte dos trabalhadores	Frete ônibus	910,80	3	2.732,40
Alimentação dos trabalhadores	Vale-alimentação	350,00	100	35.000,00
Cavadeira	Unidade	34,25	50 unidades	1.712,50
Estaqueamento	Kit 50 estacas de 35cm	22,95	16.369 kits	375.668,55

Adubo NPK 4-14-8	Pacote de 1kg	23,71	204.613 kg	4.851.362,38
Mudas de plantas	Unidade	19,75	818.450 mudas	16.164.387,50
Frete transporte das mudas	Caminhão	1.181,28	7 caminhões	8.268,96
Frete transporte dos adubos	Caminhão	1.181,28	7 caminhões	8.268,96
CUSTO TOTAL				21.897.401,25

Fonte: Próprios autores.

Para o transporte dos trabalhadores, estabeleceu-se o uso de 3 ônibus convencionais para acomodar as 120 pessoas. O valor do frete por ônibus é de R\$ 6,60 por quilômetro. Considerando a mesma distância de 138 km, incluindo a ida e a volta, o valor do frete por ônibus é de R\$ 910,80. Para a alimentação dos trabalhadores, foi estimado um vale-alimentação individual no valor de R\$ 350,00, totalizando R\$ 35.000,00.

Desse modo, o custo total para o reflorestamento das áreas de APP invadidas pelas construções é de R\$ 21.897.401,25. Ao adicionar o valor para a retirada das pessoas (conforme Tabela 5), o custo total alcança R\$ 21.942.841,25. O item de maior valor observado é a compra das mudas de plantas (R\$ 16.164.387,50), seguido pelo adubo (R\$ 4.851.362,38).

Portanto, após identificar os danos causados nas APPs e determinar o preço das etapas necessárias para a restauração das áreas, o Custo de Reposição (CR) será a soma dos seguintes custos:

Cpast. = Custo para reflorestar as APPs invadidas pela pastagem;

Cagri. = Custo para reflorestar as APPs invadidas pela agricultura;

Cpouc. = Custo para reflorestar as APPs de pouca vegetação nativa, e;

Ccons. = Custo para reflorestar as APPs invadidas pelas construções.

Ficando da seguinte forma:

CR = Cpast. + Cagri. + Cpouc + Ccons.

Logo, aplicando os dados na fórmula:

CR = 43.039.883,73 + 3.664.964,22 + 35.186.116,57 + 21.942.841,25

CR = 103.833.805,77

Nesse sentido, a delimitação e classificação dos tipos de condição da Área de Preservação Permanente, listar os danos ambientais provocados na APP, realizar as correções necessárias e, por fim, calcular o custo total para a reparação dos danos ambientais, foi possível estimar o valor do Custo de Reposição em R\$ 103.833.805,77.

O reparo do dano ambiental de maior custo foi causado pela invasão de pastagem nas APPs, representando 41,47% do total. Em seguida, as áreas com pouca vegetação nativa e solo exposto correspondem a 33,90%. O custo para reflorestar as áreas invadidas por construções representa 21,13%, enquanto as áreas invadidas pela agricultura representam apenas 3,50% (conforme Tabela 7).

Tabela 7: Custos totais especificados para a reparação dos danos identificados na APP, ano 2021.

Custos de Reposição	Valor em R\$	%
Áreas com pastagem	43.039.883,73	41,47
Áreas com pouca vegetação nativa	35.186.116,57	33,90
Áreas com construções	21.942.841,25	21,13
Áreas com agricultura	3.664.964,22	3,50

Fonte: Próprios autores.

Segundo Pearce (1993), a aplicação do MCR requer que a abordagem dos custos necessários para a reposição seja baseada em um parâmetro de qualidade ambiental estabelecido institucionalmente. Isso demonstra que, no presente trabalho, o Método Custo de Reposição está em conformidade com as limitações às quais se aplica para a reparação de danos provocados.

Nesse caso específico, a abordagem do MCR se limitou à estimativa dos custos necessários para atingir o padrão de qualidade exigido para as APPs, conforme estabelecido pela Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, também conhecida como o Novo Código Florestal. Dixon (1994) afirma que o MCR tem a capacidade de "revelar o verdadeiro custo de reposição", especialmente quando o dano ambiental está ocorrendo.

Essa informação reforça a eficácia da valoração econômica ambiental do rio Passa-Três, que se encontra com o estado de degradação ativo, devido aos danos presentes nas Áreas de Preservação Permanente e ao uso inadequado da terra na bacia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A valoração ambiental por meio da aplicação do MCR mostrou-se eficiente para levantar informações sobre os custos de recuperação das Áreas de Preservação Permanente.

O valor estimado para restaurar a qualidade ambiental da APP marginal do rio Passa-Três foi de R\$ 103.833.805,77. Esse cálculo foi baseado na análise das despesas necessárias para a restauração da APP. Esse valor nos leva a refletir sobre quem deve arcar com esses custos e como eles podem ser arrecadados para a recuperação da área de preservação. Essa reflexão é necessária devido ao uso irresponsável da área marginal do rio e à falta de fiscalização na proteção dos recursos naturais.

Embora o Custo de Reposição possa garantir um nível desejado de qualidade para a área danificada, também é importante considerar medidas preventivas mais econômicas, desde que sejam inferiores ao valor estimado para a restauração. Portanto, o valor calculado para a restauração da área, que afeta os recursos naturais essenciais para o bem-estar da população e o abastecimento de água em Uruaçu, serve como incentivo para a criação de programas de proteção e preservação do meio ambiente, pois é mais oneroso reparar do que cuidar e preservar desde o início.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Universidade Estadual de Goiás (UEG) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), por meio de uma bolsa de estudo de nível doutorado concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- ANSOLIN, Roni Djeison; SANTOS, Kênia Samara Mourão; FERNANDES, Ana Paula Donicht; SCHINATO, Franco. Valoração ambiental em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Passaúna, Estado do Paraná. **Rev. Ciênc. Agrovet**, v. 17, n. 1, p. 118-217, mar. 2018.
- BONNET, Barbara Rocha Pinto; FERREIRA, Laerte Guimarães; LOBO, Fabio Carneiro. Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás uma análise à escala da bacia hidrográfica. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 311-322, abr. 2008.
- BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de Maio de 2012**. Estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de preservação permanente, 2012a. [...]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato20112014/2012/lei/12651.htm. Acesso em: 17 jul. 2022.
- CARVALHO, Pedro Ninô de. **Valoração das externalidades negativas do ciclo de vida do etanol – O caso da queima da palha da cana-de-açúcar**. 2011. Tese (Dissertação de Mestrado) – UFRJ, COPPE, Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro.
- CASTRO, Joana D'arc Bardella; NOGUEIRA, Jorge Madeira. **Valoração econômica ambiental - métodos da função produção: teorias e estudos de caso**. Curitiba: CRV, 2019.

COSTA, Thelmo Vergara Martins; FRITZ FILHO, Luiz Fernando; FRITZ, Karen Beltrame Becker; TEJADA, César. Economia e sustentabilidade: valoração ambiental do rio Passo Fundo – RS. **Teor. e Evid. Econ.** v. 12, n. 22, p. 105-127, mai. 2004.

DIXON, John; LOUISE, Scura; CARPENTER, Richard; SHERMAN, Paul. **Economic Analysis of Environmental Impact.** London: Earthscan Publications Ltd, 1994.

EUGENIO, Fernando Coelho; SANTOS, Alexandre Rosa; LOUZADA, Franciene Louzada Rubini; PIMENTEL, Leonardo Bergantini; MOULIN, Janine Varanda. Identificação de áreas de preservação permanente no município de Alegre utilizando geotecnologia. **Cerne**, v. 17, n. 4, p. 563-571, dez. 2011.

GANDARA, Gercinair Silvério. Rios: território das águas às margens das cidades: o caso dos rios de Uruaçu-GO. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**. n.31. 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de informações ambientais – BDIA.** 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 02 set. 2022.

KUNTSCHIK, Daniela; EDUARTE, Marina; UEHARA, Thiago Kanashiro. **Matas ciliares.** 1ª Ed. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2011.

PEARCE, David W. **Economic values and the natural world.** Massachusetts: The Mit, 1993.

SARMIENTO, Benedicto. Técnicas de valoración de los impactos medioambientales en el contexto del análisis coste beneficio. **Cuaderno de Economía y Finanzas** nº 8. Fundación de Estudios de Economía Aplicada. FEDEA. Madrid: V. A. Impresores, 1993. 46 p.