



Caracterização da Efetividade da Gestão da Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa no Contexto da Proteção dos Recursos Hídricos

Barbara Luiza Diniz de Souza Dornela^{1}, Antônio Calazans Reis Miranda¹, Giulia Costa Balbi Felício¹, Adriano Rodrigues de Sá Possemato¹ e Alan Vieira Gonzaga¹*

Recebido em 02/02/2023 – Aceito em 11/10/2023

¹ Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa/APA, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, Lagoa Santa/MG, Brasil. CEP: 33.400-000. <barbara@dornela.com.br, antonio.miranda@icmbio.gov.br, giulia.felicio.estagiaria@icmbio.gov.br, adriano.possemato@icmbio.gov.br, alan.gonzaga@icmbio.gov.br>.

* Contato principal.

RESUMO – A Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa é uma unidade de conservação federal do grupo uso sustentável e, conforme Lei do SNUC, esse é um tipo de unidade que visa “compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais” (Lei n. 9.985/2000). Assim, sujeita à exploração de recursos naturais, está exposta a impactos sobre atributos naturais especialmente importantes, incluindo recursos hídricos, o que requer atenção do órgão gestor em relação às condicionantes impostas aos empreendimentos instalados, visando minimizar eventuais danos ao meio ambiente. Assim, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar a efetividade da gestão da unidade no contexto da proteção dos recursos hídricos relativos aos empreendimentos licenciados e autorizados, por meio da avaliação da aplicabilidade e eficiência das condicionantes impostas aos empreendimentos nela instalados. Procedeu-se à seleção aleatória de empreendimentos para serem avaliados por meio de visitas em campo para análise de estruturas de controle de erosão e tratamento de efluentes. Além disso, houve a verificação temporal dos locais em diferentes épocas através de imagens de satélite. Assim, através da formulação e aplicação de um índice de desempenho em recursos hídricos, baseado em indicadores relacionados à gestão ambiental da Unidade de Conservação, à efetividade e funcionamento satisfatório das estruturas de drenagens e tratamento de efluentes, bem como na avaliação dos instrumentos de controle aplicados pelos empreendedores, em uma escala de 0,30 (irrelevante), entre 0,31 e 0,69 (moderado) e acima de 0,70 (relevante), foi possível observar que a gestão da Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa vem promovendo impacto moderado quanto à proteção dos recursos hídricos, com um índice de desempenho em recursos hídricos global próximo a 0,58.

Palavras-chave: Índice de desempenho; recursos hídricos; estruturas de drenagem; tratamento de efluentes; licenciamento ambiental.

Characterization of the Impact of the Management of the Conservation Unit and the Measures Taken for the Protection of Water Resources in the APA Carste de Lagoa Santa

ABSTRACT – The Environmental protection Area Carste de Lagoa Santa is a federal protected area of the sustainable use group and, according to the SNUC law, this is a type of protection area that aims to “make nature conservation compatible with the sustainable use of part of its natural resources” (Law n. 9.985/2000). Therefore, subject to the exploitation of natural resources, it is exposed to impacts on especially important natural attributes, including water resources, which requires attention from the government agency management about the conditions imposed on the enterprises to minimize impacts. Thus, this work aims to characterize the effectiveness of the management of the protection area in the context of the protection of water resources relative to licensed and authorizes enterprises, through the evaluation of the applicability and efficiency of the conditions imposed on the enterprises installed in the protected area. A random selection of enterprises and a subsequent field visits were carried out to analyze structures of erosion control and wastewater treatment. In

addition, the temporal verification of places evaluated at different times was done by using satellite imagery. Through the formulation and application of a water resources performance index, based on indicators related to the environmental management of the protected area and to the effectiveness and satisfactory functioning of the drainage and wastewater treatment structures and the evaluation of the application control instruments by the enterprises, into a considered scale as 0,30 (irrelevant), between 0,31 and 0,69 (moderate), and over 0,70 (relevant), it was possible to observe that the Environmental Protection Area Carste de Lagoa Santa management has been promoting a moderate impact regarding the protection of water resources, with an global water resources performance index next to 0,58.

Keywords: Performance index; water resources; drainage structures; wastewater treatment; environmental licensing.

Caracterización del Impacto de la Gestión en el Área de Protección Ambiental de Lagoa Santa y de las Medidas Tomadas para la Protección de los Recursos Hídricos

RESUMEN – El Área de Protección Ambiental Carste de Lagoa Santa es un área protegida federal del grupo de uso sostenible y, según la ley del SNUC, se trata de un tipo de área de protección que tiene como objetivo “compatibilizar la conservación de la naturaleza con el uso sostenible de parte de sus recursos naturales” (Ley n. 9.985/2000). Por lo tanto, sujeto a la explotación de los recursos naturales, está expuesto a impactos sobre atributos naturales especialmente importantes, incluidos los recursos hídricos, lo que requiere atención por parte de la gestión de la agencia gubernamental sobre las condiciones impuestas a las empresas para minimizar los impactos. Así, este trabajo tiene como objetivo caracterizar la efectividad de la gestión del área de protección en el contexto de la protección de los recursos hídricos respecto de las empresas licenciadas y autorizadas, a través de la evaluación de la aplicabilidad y eficiencia de las condiciones impuestas a las empresas instaladas en el área protegida. Se realizó una selección aleatoria de empresas y posteriores visitas de campo para analizar estructuras de control de erosión y tratamiento de aguas residuales. Además, la verificación temporal de los lugares evaluados en diferentes momentos se realizó mediante imágenes satelitales. Mediante la formulación y aplicación de un índice de desempeño de los recursos hídricos, basado en indicadores relacionados con la gestión ambiental del área protegida y con la efectividad y funcionamiento satisfactorio de las estructuras de drenaje y tratamiento de aguas residuales y la evaluación de los instrumentos de control de aplicación por parte de las empresas, en una escala considerada como 0,30 (irrelevante), entre 0,31 y 0,69 (moderado), y por encima de 0,70 (relevante), se pudo observar que la gestión del Área de Protección Ambiental Carste de Lagoa Santa viene promoviendo un impacto moderado en cuanto a la protección de recursos hídricos, con un índice general de desempeño de los recursos hídricos cercano a 0,58.

Palabras clave: Índice de desempeño; recursos hídricos; estructuras de drenaje; tratamiento de aguas residuales; licenciamiento ambiental.

Introdução

O Sistema Nacional do Meio Ambiente Brasileiro (SISNAMA), criado pela Lei n. 6.938/1981, a qual dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), é uma estrutura de gestão ambiental no Brasil constituída pelos órgãos e entidades da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, os quais são responsáveis pela proteção, melhoria e recuperação da qualidade ambiental no país.

Cada órgão e entidade possui sua competência e estrutura conforme definição em

lei. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), assim como os demais órgãos, são comprometidos em garantir um meio ambiente equilibrado para as atuais e futuras gerações, mas como órgãos executores, têm a finalidade de executar e fazer executar a política e as diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente. Com a criação do ICMBio em 2007, o IBAMA transferiu à nova autarquia a gestão das unidades de conservação (UCs), assim como outras funções (ICMBio, 2019). O ICMBio

possui a missão de proteger o patrimônio natural e promover o desenvolvimento socioambiental, da pesquisa, da educação ambiental e do fomento ao manejo ecológico através da gestão das unidades de conservação federais.

Unidades de conservação são áreas protegidas previstas na legislação ambiental brasileira como parte do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), dentre as quais se encontra a área de proteção ambiental (APA) Carste de Lagoa Santa, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte, construída pelos municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo, Confins, Matozinhos e Funilândia, no estado de Minas Gerais. A APA tem como função ordenar e regular o uso do solo, limitando e proibindo atividades conflitantes com a conservação e a preservação do meio ambiente e o bem-estar da população.

Com isso, embasando-se nos instrumentos de gestão e no zoneamento estabelecidos no plano de manejo, a gestão da APA Carste busca orientar, adequar e fiscalizar empreendimentos e atividades de forma a minimizar a degradação ambiental, controlando o uso dos recursos naturais de forma que os danos ao meio ambiente não se tornem irreversíveis, ao mesmo tempo em que o desenvolvimento econômico e social da região sejam possíveis, considerando tratar-se de uma área de proteção ambiental pertencente ao grupo de unidades de uso sustentável, conforme classificação da Lei do SNUC.

Um dos instrumentos da PNMA de fundamental importância para a gestão ambiental da APA, para que esse paralelo entre exploração e conservação seja possível, é o licenciamento ambiental, pelo qual é possível promover o controle e a orientação prévia aos empreendimentos e atividades considerados potencialmente poluidores ou capazes de degradar o meio ambiente, indicando parâmetros de forma a minimizar as consequências ambientais (Padula & Silva, 2005).

Licenciamento ambiental “trata-se do típico instrumento de prevenção de danos ambientais, visto que é nesse procedimento que o órgão ambiental licenciador verifica a natureza, dimensão e impactos (positivos e negativos) de um empreendimento potencialmente poluidor e, a partir de tais considerações, condiciona o exercício da atividade ao atendimento de inúmeros requisitos, aptos a eliminarem ou reduzirem

ao mínimo os impactos ambientais negativos” (Bechara, 2007).

Outro instrumento de controle e orientação prévia a empreendimentos e atividades a serem instalados dentro dos limites da APA é a autorização direta, definida pela Instrução Normativa ICMBio n. 4, de 2 de setembro de 2009, como “procedimento administrativo que autoriza atividades com potencial impacto para as unidades de conservação federais, suas zonas de amortecimento e áreas circundantes, não sujeitas ao licenciamento ambiental, ou cuja autorização seja exigida por normas específicas de cada unidade de conservação” (ICMBio, 2009). Sendo assim, como parte dos processos de licenciamento ambiental e de autorização direta, condições, restrições e medidas de controle ambiental são impostas. Chamadas de condicionantes das licenças ambientais e autorizações diretas, essas condições, restrições e medidas de controle possuem o objetivo de minimizar e compensar os impactos ambientais causados pela exploração dos recursos naturais.

A água é um importante recurso natural e merece atenção especial, considerando o ambiente cárstico em que se encontra a APA, além do ecossistema da região, com destaque para um importante componente: um aquífero formado por rochas calcárias que, em decorrência de sua fragilidade química natural, potencializa a chance de poluição das águas subterrâneas.

Essas rochas calcárias possuem fissuras, formando os chamados rios subterrâneos. A qualidade dessa água depende de uma série de fatores, tais como a litologia da região, os tipos de vegetação existentes, o ecossistema do corpo d’água e, principalmente, a influência antropogênica, que tem sido a principal responsável pelas maiores alterações verificadas na composição de águas naturais (Viana et al., 1998).

As águas subterrâneas são consideradas como formas mais puras de água. Em virtude do poder de infiltração exercido pelo solo e o seu longo tempo de permanência, este tipo de água contém quantidade muito menor de matéria orgânica e microrganismos patogênicos que as formas de águas superficiais. Contudo, as águas subterrâneas vêm sofrendo um processo crescente de contaminação através da infiltração de poluentes. Esses poluentes infiltram no solo

por vazamentos, descartes diretos ou até mesmo por drenagem da chuva. Os principais tipos de poluentes normalmente encontrados são os produtos químicos orgânicos, combustíveis e o chorume (Baird, 2002).

A instalação de processos erosivos e o conseqüente solo exposto também contribuem de maneira significativa para a poluição dos recursos hídricos. O solo é fundamental ao desenvolvimento de diversas atividades humanas, fato que, naturalmente, implica em sua degradação. Um dos fatores que mais tem contribuído para essa degradação é a instalação de processos erosivos, que podem demorar muito tempo até interferirem significativamente no meio ambiente. Porém, através da ação catalisadora do homem, podem ter esse tempo encurtado pela exploração de recursos naturais sem planejamento, agravado pelo carreamento de sedimentos pelo fluxo da água. O poder erosivo da água depende do volume do escoamento, da espessura da lâmina d'água, da declividade e comprimento da vertente e da presença de vegetação (Magalhães, 1995).

A partir da retirada da cobertura vegetal, o solo fica exposto à erosão hídrica e, após um longo período de precipitação, acaba-se gerando um fluxo de sedimentos que podem originar sulcos e, se tal processo for contínuo, pode provocar um incessante aprofundamento do solo, podendo chegar ao nível de uma voçoroca (Ferreira et al., 2007).

Assim, considerando o ambiente cárstico e a necessidade de proteção dos recursos hídricos, faz-se necessária a imposição de condicionantes específicas aos empreendimentos nos processos de licenciamento ambiental, visando medidas mitigadoras no controle da poluição hídrica, bem como na prevenção de processos erosivos.

Nesse contexto, os índices de desempenho ambiental, normalmente são utilizados para avaliação do desempenho de diversos tipos de empreendimentos em relação às medidas adotadas para minimizar os impactos ao meio ambiente. Um indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade, tendo como característica principal poder sintetizar diversas informações, retendo apenas o significado essencial dos aspectos analisados (Mitchell, 2004). O desenvolvimento de métricas ambientais tem um propósito de criar critérios de desempenho ambiental que podem

ser definidos junto a alta administração, equipes operacionais e de processos de forma a garantir a integridade do meio ambiente, bem como a melhoria contínua ambiental dos processos (ABNT, 2004).

Assim, o presente trabalho busca uma análise quanto a efetividade das condicionantes impostas nos processos de licenciamentos e autorizações diretas de atividades e empreendimentos instalados dentro da APA Carste de Lagoa Santa no que tange à proteção dos recursos hídricos, com paralelo à efetividade da gestão da unidade de conservação. Tal análise partiu de uma análise global dos processos em trâmite na UC, bem como do desenvolvimento e aplicação de um índice que permita tal avaliação de forma integrada.

Materiais e Métodos

Levantamento dos processos e seleção dos alvos

Através do Sistema Eletrônico de Informações do ICMBio (SEI/ICMBio), entre os anos de 2019 a 2021, foi realizado o levantamento de todos os processos digitais de licenciamentos e autorizações diretas da APA Carste de Lagoa Santa, sendo inicialmente realizada a separação dos processos em dois blocos: um para os processos de licenciamento ambiental e outro para os processos de autorização direta.

Em seguida, foi realizada uma análise detalhada de cada processo, com foco nas condicionantes estabelecidas pelo ICMBio, excluindo dos blocos os processos em que não foram impostas condicionantes de proteção dos recursos hídricos, selecionando apenas aqueles empreendimentos já licenciados e com potencial poluidor do solo e da água.

Os processos relacionados aos empreendimentos fora da APA são mais antigos, antes da revogação da Resolução CONAMA n. 013/1990 pela Resolução CONAMA n. 428/2010. Antes da promulgação da resolução CONAMA mais recente, considerava-se a área do entorno em um raio de 10 km, inclusive para as APAs, pois naquela resolução de 1990, não havia distinção dessa consideração para as diferentes categorias de UCs. Portanto, tais processos não foram considerados no presente trabalho.

Após a seleção dos processos, foi feita a espacialização dos empreendimentos de cada processo com o software QGis, sobrepondo a camada de espacialização dos empreendimentos à camada de zoneamento da APA Carste de Lagoa Santa. A partir dessa espacialização, foi possível realizar a seleção aleatória dos empreendimentos alvos da pesquisa com o uso de algoritmo de processamento do software QGis. Nos plugins de análise do QGis são encontrados esses geoalgoritmos, que permitem realizar Random Selections (seleções aleatórias) através da ferramenta Vector Selections Tools. Através dessa ferramenta, informando os parâmetros, o próprio software fez a seleção dos pontos, indicando os empreendimentos a serem analisados como alvos da pesquisa.

Considerando as peculiaridades de cada área em toda a extensão da APA, o plano de manejo da unidade de conservação classificou seis diferentes zonas ambientais: Zona de Conservação do Equilíbrio Ambiental Metropolitano (ZCEAM); Zona de Conservação e Desenvolvimento Urbano e Industrial (ZCDUI); Zona de Conservação e Desenvolvimento Agrícola (ZCDA), Zona de Conservação do Planalto das Dolinas (ZCPD), Zona de Proteção do Patrimônio Cultural (ZPPC) e Zona de Proteção das Paisagens Naturais do Carste (ZPPNC). Diante disso, mediante o interesse em analisar as condicionantes impostas frente à especificidade de cada zona, a seleção aleatória dos empreendimentos foi limitada a dois ou três alvos por zona, com exceção da ZPPC, que não registrou nenhum processo com condicionantes específicas de proteção dos recursos hídricos.

Foram selecionados aleatoriamente como alvos para desenvolvimento do presente trabalho 11 empreendimentos. No entanto, apenas 6 foram de fato visitados e analisados em decorrência da redução do período do projeto como consequência da Pandemia de Covid-19.

Coleta de dados em campo

Após a seleção aleatória dos empreendimentos, foram realizadas visitas nas quais fosse possível verificar as estruturas de drenagem, bem como possíveis processos erosivos no local, através da análise do quantitativo de óleo nas caixas separadoras de água e óleo e/ou o quantitativo de sólidos nas caixas de sedimentação e a situação da cobertura vegetal do solo nos empreendimentos

e no entorno, respectivamente, avaliando se foi atendido o que estabelecido nas condicionantes de cada um dos processos.

Com o objetivo de facilitar a coleta de dados, bem como o tratamento das informações, as medidas mitigadoras estabelecidas foram divididas em dois grupos: medidas de controle de erosão e medidas de controle de efluentes.

Medidas de controle de erosão

Comumente, as técnicas de controle de erosão possuem como um de seus componentes as caixas de sedimentação. Essas caixas são estruturas que possuem o objetivo de reter sedimento carregado pelo fluxo da água. Sua função é armazenar e dissipar energia, evitando que a água escoe por longos trechos, causando erosão do solo durante sua passagem (Cunha et al., 2013).

Quando os sistemas de drenagem impostos nas condicionantes estabeleceram caixas de sedimentação, foi analisada a sua eficiência através da análise da quantidade de sólidos retidos na estrutura. No caso de acúmulo de sedimentos, pode-se concluir que a caixa cumpriu sua função, impedindo o carregamento para os corpos hídricos, evitando-se o assoreamento. Assim, para avaliar a eficiência da estrutura, foi verificado o acúmulo ou não de sólidos, bem como a análise e caracterização do entorno, a fim de identificar o carregamento de sólidos em áreas à jusante das estruturas.

Além disso, a comparação temporal do estado do solo *versus* processos erosivos, através do software *Google Earth* (GE), tornou-se ferramenta fundamental para a análise da evolução da paisagem antes e depois da instalação dos empreendimentos. Desde seu lançamento, o número de estudos com o uso desta plataforma para visualizar, mapear ou analisar formas e processos da paisagem tem aumentado significativamente (Frankl et al., 2013). Apesar do grande potencial para estudos de formas da paisagem, atualmente poucos são os estudos com aplicação de imagens do GE para mapear feições erosivas (Boardman, 2016). Assim, visando a análise temporal dos locais em diferentes épocas, através do *Google Earth*, houve a comparação do estado de conservação do solo e a quantificação da cobertura vegetal no entorno e nos limites dos

empreendimentos selecionados em um período de até dez anos, sendo possível analisar a evolução da paisagem de forma cronológica, bem como possíveis instalações de processos erosivos.

Medidas de controle de efluentes

A estrutura avaliada para verificação do controle de efluentes foi a caixa separadora de água e óleo. Para avaliá-la, foi realizado o levantamento dos dados gerados pelo automonitoramento feito pelos empreendedores e verificada a condição física da estrutura em cada visita. A janela amostral foi limitada aos dados gerados pelo automonitoramento dos últimos dois anos, quando disponíveis.

Para avaliação física das estruturas, deve-se levar em consideração alguns aspectos da mistura água e óleo. As misturas consistem em combinações de duas ou mais substâncias na sua forma pura, sem que haja reação química entre elas. As características intrínsecas de cada substância envolvida são mantidas, não havendo alterações e podem ser classificadas em homogêneas e heterogêneas (Secron, 2006). As heterogêneas, ou suspensões, são sistemas polifásicos, duas ou mais fases, na qual é possível distinguir as porções misturadas. As misturas água e óleo figuram entre as misturas heterogêneas e, assim, pode-se distinguir as substâncias envolvidas (Brown, 1997).

O separador de água e óleo (SAO) é um tipo de equipamento aplicável para a remoção de óleo em estado livre. O princípio de funcionamento é baseado na separação da fase oleosa e aquosa em virtude da diferença de densidade existente entre elas (Barbosa Filho, 2004). A concepção básica de um separador água e óleo é um tanque simples que reduz a velocidade do efluente oleoso, de forma a permitir que a gravidade separe o óleo da água.

Como o óleo tem uma densidade menor que a da água, ele flutua naturalmente para, então, separar-se fisicamente (FEEMA/COPPETEC, 2003).

Dessa maneira, as estruturas SAO foram analisadas seguindo as premissas de dimensionamento correto, manutenção e funcionamento e, por fim, a sua efetividade, considerando como referência os padrões e condições de lançamento de efluentes estabelecidos na Resolução CONAMA n. 430/2011, bem como demais legislações cabíveis relacionadas a recursos hídricos.

Desenvolvimento e aplicação de um índice de avaliação do desempenho da gestão e das medidas adotadas para proteção dos recursos hídricos

A consolidação e tratamento dos dados levantados em campo foram realizados através da formulação e aplicação de um índice de desempenho em recursos hídricos (IDRH), a partir de indicadores relacionados (A) à gestão ambiental da UC; e (B) à efetividade e funcionamento satisfatório das estruturas de drenagens e tratamento de efluentes analisados. O IDRH foi desenvolvido a partir do conceito dos índices de desempenho ambiental, que normalmente são utilizados para avaliação do desempenho de diversos tipos de empreendimentos em relação às medidas adotadas para minimizar os impactos ao meio ambiente, como por exemplo o trabalho de Andrade et al. (2011).

Diante disso, o IDRH foi desenvolvido buscando avaliar o impacto da gestão da UC em relevante, moderado ou irrelevante no que diz respeito à proteção dos recursos hídricos. Para tanto, os indicadores foram avaliados considerando notas de 0 a 4, através de critérios estabelecidos para cada indicador, conforme quadro a seguir.

Tabela 1 – Indicadores relacionados à gestão ambiental da unidade de conservação (UC).

A.	Indicadores relacionados à gestão ambiental da UC		
	Indicador	Nota	Critério
a.1	O processo de licenciamento do empreendimento está em consonância com o zoneamento ambiental?	0	Totalmente em desacordo
		1	Em desacordo parcialmente com o zoneamento, e totalmente em relação à proteção dos recursos hídricos
		2	Consonante com o zoneamento, porém em desacordo com a proteção dos recursos hídricos
		3	Consonante com o zoneamento, e apenas parcialmente com a proteção dos recursos hídricos
		4	Consonante com o zoneamento e com a proteção dos recursos hídricos
a.2	O regramento do plano de manejo, especificamente à atividade executada, foi respeitado?	0	Totalmente desrespeitado, sem nenhuma adequação
		1	Totalmente desrespeitado, em fase de adequação
		2	Parcialmente respeitado, sem nenhuma adequação
		3	Parcialmente respeitado, em fase de adequação
		4	Totalmente respeitado
a.3	As condicionantes impostas estão em consonância com a atividade executada?	0	Totalmente em desacordo
		1	Parcialmente em consonância e dimensionadas de forma errada
		2	Parcialmente em consonância
		3	Totalmente em consonância, mas dimensionadas de forma errada
		4	Totalmente em consonância
a.4	Os relatórios comprobatórios de cumprimento das condicionantes estão sendo enviados ao ICMBio?	0	Nenhum relatório foi enviado
		1	Relatório enviado, com condicionantes não atendidas
		2	Relatório enviado, com condicionantes parcialmente atendidas
		3	Relatório enviado, com condicionantes totalmente atendidas, mas fora do prazo
		4	Relatório enviado, com condicionantes atendidas e dentro do prazo
a.5	Empreendedor tem relacionamento com a UC, no sentido de apresentar propostas ou alterações que visem à sustentabilidade de sua atividade?	0	Nenhuma proposta apresentada
		1	Proposta apresentada, mas não desenvolvida e não executada
		2	Proposta apresentada, desenvolvida e não executada
		3	Proposta apresentada, desenvolvida e executada parcialmente
		4	Proposta apresentada, desenvolvida e totalmente executada
a.6	Empreendedor pratica alguma atividade sustentável ou educação ambiental?	0	Não pratica nenhuma atividade
		1	Pratica atividade de forma precária
		2	Pratica atividade de forma parcialmente satisfatória
		3	Pratica a atividade de forma satisfatória
		4	Pratica atividade de forma satisfatória e é modelo para outros empreendimentos

a.7	Houve respeito à Resolução CONAMA n. 430, para os casos de lançamento de efluentes?	0	Não houve respeito
		1	Houve respeito de forma precária
		2	Houve respeito de forma parcialmente satisfatória
		3	Houve respeito de forma satisfatória
		4	Houve respeito de forma satisfatória e é modelo para outros empreendimentos
a.8	Há processos erosivos e/ou outros problemas ambientais verificados em decorrência da atividade realizada?	0	Intensa instalação de processos erosivos, sem constatação de medidas sendo tomadas pelo empreendedor
		1	Instalação intensa de processos erosivos, com constatação de medidas sendo tomadas pelo empreendedor
		2	Instalação inicial de processos erosivos, sem constatação de medidas sendo tomadas pelo empreendedor
		3	Instalação inicial de processos erosivos, com constatação de medidas sendo tomadas pelo empreendedor
		4	Não há processos erosivos instalados

Tabela 2 – Indicadores relacionados à efetividade e funcionamento das estruturas analisadas e à aplicação dos instrumentos de controle ambiental pelos empreendimentos.

B. Indicadores relacionados à efetividade e funcionamento das estruturas analisadas e à aplicação dos instrumentos de controle ambiental pelos empreendimentos			
	Indicador	Nota	Critério
b.1	A estrutura imposta como condicionante foi devidamente instalada?	0	Instalada totalmente de forma incorreta
		1	Instalada parcialmente correta e parcialmente em atividade
		2	Instalada parcialmente correta e em atividade
		3	Instalada totalmente de forma correta, parcialmente em atividade
		4	Instalada totalmente de forma correta e em atividade
b.2	Houve respeito aos parâmetros de implantação estipulados no processo de licenciamento?	0	Total desrespeito, sem qualquer regularização
		1	Total desrespeito, em fase de regularização
		2	Respeito parcial, sem qualquer regularização
		3	Respeito parcial, em fase de regularização
		4	Total respeito
b.3	A estrutura está instalada em conformidade ao projeto apresentado no processo de licenciamento/licença ambiental (dimensionamento correto)?	0	Desconformidade total, sem qualquer regularização
		1	Desconformidade total, em fase de regularização
		2	Conformidade parcial, sem qualquer regularização
		3	Conformidade parcial, em fase de regularização
		4	Total conformidade
b.4	A estrutura está em perfeito estado de funcionamento?	0	Totalmente sem funcionar
		1	Totalmente sem funcionar, em manutenção
		2	Funcionamento precário por falta de manutenção
		3	Funcionamento parcial por falta de manutenção
		4	Perfeito estado de funcionamento

b.5	A estrutura está sendo utilizada corretamente?	0	Utilizada de forma totalmente incorreta
		1	Utilizada de forma precária
		2	Utilizada de forma parcialmente correta, em fase de instrução dos operadores
		3	Utilizada de forma parcialmente correta
		4	Utilizada de forma totalmente correta
b.6	A estrutura está sendo eficiente no que tange à proteção dos recursos hídricos?	0	Totalmente ineficiente, sem nenhum ajuste
		1	Totalmente ineficiente, em fase de ajuste
		2	Parcialmente eficiente, sem nenhum ajuste
		3	Parcialmente eficiente, em fase de ajuste
		4	Totalmente eficiente
b.7	Há comprovantes ou evidências de manutenções realizadas?	0	Não há evidências ou comprovantes de manutenções realizadas
		1	Manutenções parcialmente evidenciadas
		2	Manutenções totalmente evidenciadas
		3	Manutenções parcialmente comprovadas
		4	Manutenções totalmente comprovadas
b.8	Há comprovantes ou evidências de que houve treinamento para utilização e/ou operação da estrutura?	0	Nenhum treinamento evidenciado ou comprovado
		1	Treinamento parcialmente evidenciado
		2	Treinamento totalmente evidenciado
		3	Treinamento parcialmente comprovado
		4	Treinamento totalmente comprovado
b.9	Há processos erosivos e/ou outros problemas ambientais verificados consequentes do não funcionamento correto da estrutura ou pela sua falta?	0	Intensa instalação de processos erosivos ou problemas ambientais, sem constatação de medidas sendo tomadas pelo empreendedor
		1	Instalação intensa de processos erosivos ou problemas ambientais, com constatação de medidas sendo tomadas pelo empreendedor
		2	Instalação inicial de processos erosivos ou problemas ambientais, sem constatação de medidas sendo tomadas pelo empreendedor
		3	Instalação inicial de processos erosivos ou problemas ambientais, com constatação de medidas sendo tomadas pelo empreendedor
		4	Não há processos erosivos ou qualquer outro problema
b.10	Os relatórios de auto monitoramento das caixas separadoras de água e óleo foram apresentados?	0	Não foram apresentados
		1	Foram apresentados parcialmente, sem eficiência
		2	Foram apresentados, sem eficiência
		3	Foram apresentados, com eficiência parcial
		4	Foram apresentados, com eficiência
b.11	Houve degradação ambiental detectada através da análise temporal realizada?	0	Houve degradação sem nenhum processo ou plano de recuperação
		1	Houve degradação com plano de recuperação apresentado
		2	Houve degradação, em processo de recuperação
		3	Houve degradação, já recuperada
		4	Não houve degradação

Esses indicadores foram desenvolvidos para que fosse possível avaliar o IDRH global da unidade de conservação e o IDRH de cada empreendimento, de acordo com as seguintes equações:

$$\text{IDRH} = (\sum \text{IDRH}_i) / n \quad (1)$$

$$\text{IDRH}_A = (\sum \text{IDRH}_{A_i}) / n \quad (2)$$

$$\text{IDRH}_B = (\sum \text{IDRH}_{B_i}) / n \quad (3)$$

Sendo:

$$\text{IDRH}_i = (\text{IDRH}_{A_i} + \text{IDRH}_{B_i}) / 2 \quad (4)$$

$$\text{IDRH}_{A_i} = (\sum a_j) / \text{PTA} \quad (5)$$

$$\text{IDRH}_{B_i} = (\sum b_j) / \text{PTB} \quad (6)$$

Em que:

IDRH é o índice de desempenho em recursos hídricos global da unidade de conservação, considerando a média de todos os empreendimentos analisados;

IDRH_A é o índice de desempenho em recursos hídricos global da unidade de conservação, relacionado à gestão da UC;

IDRH_B é o índice de desempenho em recursos hídricos global da unidade de conservação, relacionado à efetividade e funcionamento das estruturas;

IDRH_i é o índice de desempenho em recursos hídricos de cada empreendimento “i”;

n é o número total de empreendimentos analisados;

IDRH_{Ai} é o índice de desempenho em recursos hídricos relacionado à gestão da UC de cada empreendimento “i”;

IDRH_{Bi} é o índice de desempenho em recursos hídricos relacionado à efetividade e funcionamento das estruturas de cada empreendimento “i”;

a_j são as pontuações apuradas nos indicadores relacionados à efetividade e funcionamento das estruturas, com “j” variando de 1 até 8, excluindo-se aqueles não aplicados;

b_j são as pontuações apuradas nos indicadores relacionados à efetividades e funcionamento das estruturas, com “j” variando de 1 até 11, excluindo-se aqueles não aplicados;

PTA é a pontuação total máxima possível de ser obtida nos indicadores sobre a gestão da UC;

PTB é a pontuação máxima possível de ser obtida nos indicadores sobre a efetividade e funcionamento das estruturas analisadas.

Além da avaliação da efetividade da UC, bem como a eficiência das estruturas de drenagem, através do software QGis, capaz de realizar rotinas de geoprocessamento, com espacialização dos dados, cruzamento de informações e geração de resultados, foi possível criar mapas e figuras representando os empreendimentos e através do software *Google Earth*, foram criadas figuras com representações cronológicas, permitindo uma análise da evolução da degradação do solo ao longo do tempo.

Resultados

Análise global e integrada de processos de licenciamentos e autorizações diretas

Levantamento dos processos e seleção dos alvos

Após o levantamento de dados e informações através do SEI, foram constatados 140 processos registrados, dos quais 102 correspondem aos processos de autorização direta, representando 73% dos registros, e 38 aos processos de licenciamento ambiental, representando 27%. Dos 102 processos de autorização direta, foi constatada a imposição de condicionantes relacionadas à proteção dos recursos hídricos em 73, correspondendo a 71% dos registros. E dos 38 processos de licenciamento ambiental, foram impostas as condicionantes em 29, representando 76% dos registros, conforme Gráfico 1.

Através do software QGis, foi possível realizar o geoprocessamento dos dados obtidos. Para tanto, houve o levantamento das coordenadas geográficas dos empreendimentos em cada um dos processos que continham condicionantes de proteção dos recursos hídricos, sejam eles de licenciamento ambiental ou autorização direta. Assim, foi criada uma camada de espacialização dos 102 empreendimentos.

Após a sobreposição da camada de espacialização dos 102 empreendimentos, com a camada do zoneamento da APA Carste, verificou-se a incidência de empreendimentos por zona ambiental, incluindo alguns fora da área da UC, conforme infere-se do Gráfico 2.

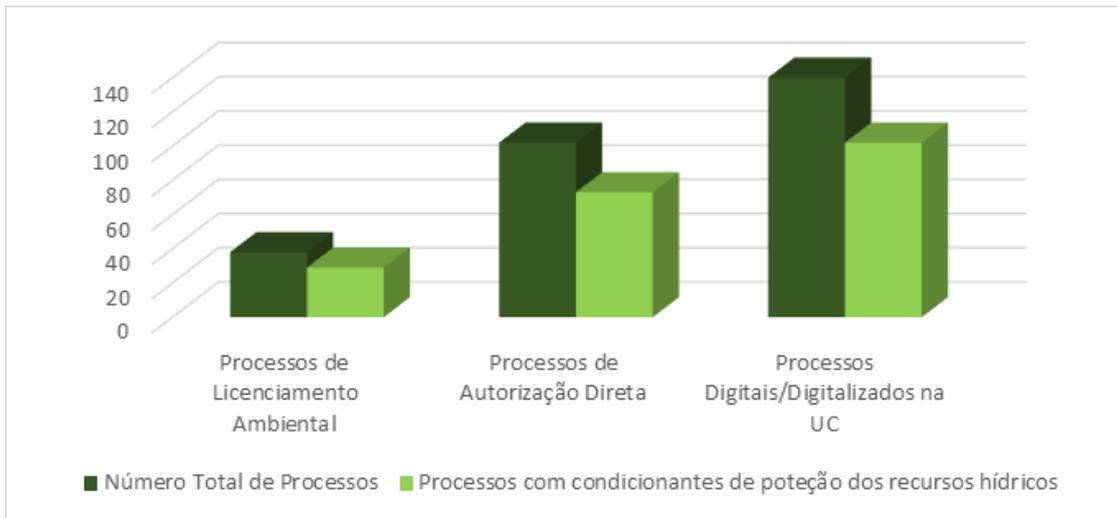


Gráfico 1 – Análise dos processos de licenciamento ambiental e autorização direta.

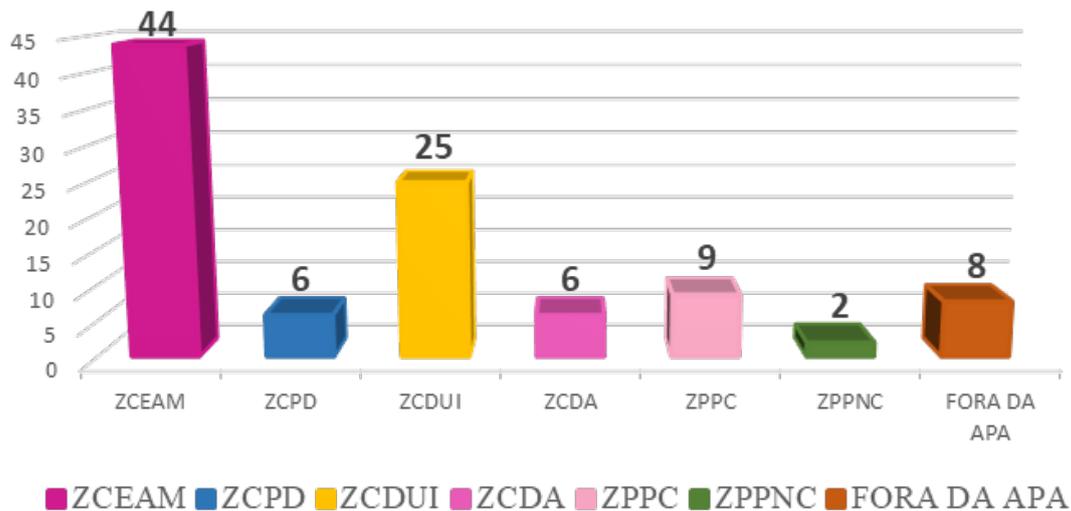


Gráfico 2 – Empreendimentos distribuídos conforme o Zoneamento Ambiental da APA

Respeitadas as peculiaridades de cada zona ambiental da APA, é possível perceber que as zonas com maior número de incidência de empreendimentos são justamente aquelas áreas com maior crescimento em decorrência da expansão econômica do Vetor Norte (Silva, 2014). A Zona de Conservação do Equilíbrio Ambiental Metropolitano (ZCEAM) possui como principal função a de proporcionar o equilíbrio entre o sistema cárstico e o vetor de expansão norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte, garantindo o paralelo entre o processo de metropolização e a manutenção das características socioambientais específicas da APA (CPRM, 1998).

Ou seja, visa disciplinar a expansão sobre áreas de maior fragilidade e vulnerabilidade geotécnica e a evitar a poluição do aquífero, motivo pelo qual devem ser observadas condições de implantação dos empreendimentos, com obras de drenagem e controle de erosão.

A segunda zona com maior incidência de empreendimentos é a Zona de Conservação e Desenvolvimento Urbano e Industrial (ZCDUI), cuja principal função é justamente disciplinar a urbanização e a industrialização ao longo da MG-424, evitando-se, dessa forma, impactos ambientais significativos, sobretudo das atividades

de extração e beneficiamento de calcário, bem como controlar e reduzir a poluição hídrica do aquífero cárstico, decorrente do lançamento dos efluentes das atividades urbanas e industriais (CPRM,1998).

Em seguida, através do algoritmo de seleção aleatória no *software* QGIS, os alvos da pesquisa foram selecionados, conforme pode-se visualizar na Figura 1.

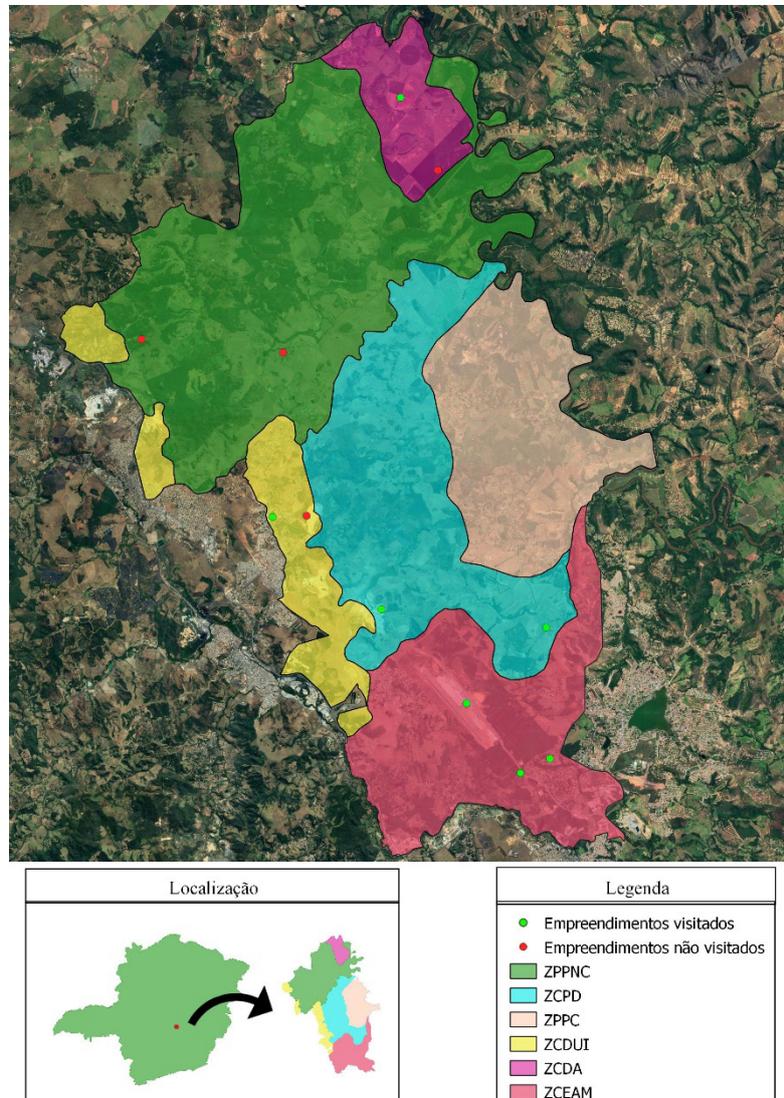


Figura 1 – Geoespacialização dos empreendimentos alvos da pesquisa.

Coleta de dados em campo

Nos seis empreendimentos visitados foi possível analisar estruturas de drenagens e verificar a instalação ou não de processos erosivos através da análise de cobertura vegetal do solo no entorno.

Medidas de controle de erosão

A perda de solo por erosão hídrica é a principal causa da degradação do solo no Brasil

(Lima et al., 2013). Traçando um comparativo entre os empreendimentos visitados, percebe-se que a maioria possui caixas de sedimentação instaladas, mas por muitas vezes subdimensionadas, e apesar da instalação da estrutura e de dissipadores de energia, não foi suficiente para a contenção dos sólidos carreados, acarretando o extravasamento (Figura 2).

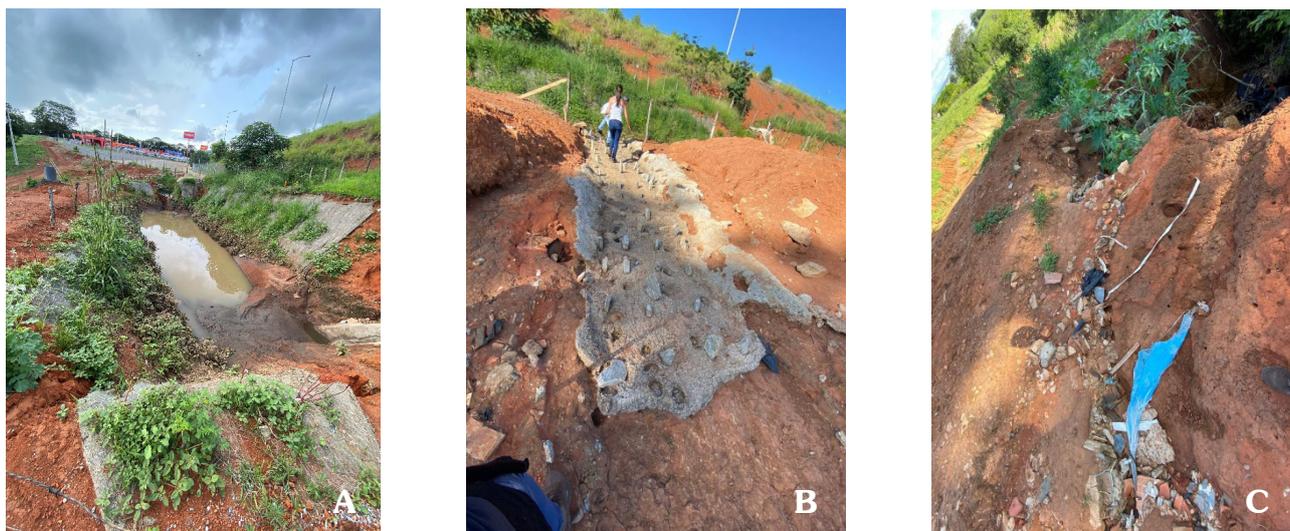


Figura 2 – Exemplo de erosão hídrica promovida por caixa de sedimentação inadequada. Caixa de sedimentação subdimensionada (A); Dissipadores de energia ineficientes (B); e Carreamento de sedimentos (C). Fotos: Bárbara Dornela.

Além do subdimensionamento das estruturas, o que mais agrava o processo de degradação do solo e a consequente instalação de processos erosivos é a instalação incompleta dos projetos e o não atendimento à integralidade das condicionantes impostas. Conforme infere-se

das imagens obtidas (Figuras 3A e 3B), caixas de passagem e dissipadores de energia são geralmente instalados, mas sem a presença de uma caixa de sedimentação nenhum sólido é retido, causando sulcos erosivos que, com o passar do tempo, progredem a erosões intensas e de difícil reparação.



Figura 3 – Dissipadores de energia (A); e Sulcos erosivos evidentes (B). Fotos: Bárbara Dornela.

Em que pese as estruturas não se demonstrarem efetivas ao objetivo proposto em alguns empreendimentos, em outros é possível perceber que, quando há o atendimento às especificações impostas nas condicionantes,

os processos erosivos são de fato evitados e o controle de erosão se demonstra perfeitamente realizado, conforme demonstrado abaixo (Figuras 4A, 4B, 4C e 4D).



Figura 4 – Escada dissipadora de energia (4A); Caminho percorrido pela água (4B); Caixa de sedimentação (4C); e Caixa de Sedimentação efetiva (4D). Fotos: Bárbara Dornela. Fonte: Relatório de cumprimento de condicionantes de um dos empreendimentos visitados.

Através da comparação temporal do estado do solo *versus* processos erosivos através do *software Google Earth*, é possível constatar o quão importante e eficazes são as medidas de controle de erosão. Traçando um paralelo entre dois empreendimentos, exatamente pelo mesmo período de tempo, o primeiro obedecendo quase que na integralidade a todas as condicionantes e parâmetros impostos na licença ambiental e o segundo inobservando vários dos critérios

avaliados, percebe-se claramente o impacto na evolução da paisagem.

Respeitados os impactos causados pela própria atividade, é evidenciado que não há instalação de processos erosivos em decorrência do funcionamento do primeiro empreendimento. O mesmo não se pode dizer do segundo empreendimento, ainda agravado pelo fato das atividades estarem suspensas no local há alguns meses.



Figura 5 – Análise cronológica da evolução da paisagem em empreendimento obediente às condicionantes impostas, sem instalação de processos erosivos no entorno (5A, 5B e 5C). Análise cronológica a evolução da paisagem em empreendimento desobediente às condicionantes impostas, com instalação de processos erosivos no entorno (5D, 5E e 5F). Fonte: Google Earth Pro® (2020).

Medidas de controle de efluentes

O levantamento de dados gerados pelo automonitoramento dos empreendedores se demonstrou precário, apenas um empreendimento apresentou as informações de forma satisfatória. Em que pese a falta do automonitoramento, nos empreendimentos em que era prevista a instalação de caixas separadoras de água e óleo houve um alto índice de atendimento à condicionante imposta.

No entanto, em sua grande maioria, houve muita falta de instrução e treinamento dos funcionários e operadores. Muitos não sabiam sequer da existência da estrutura, bem como não tinham o conhecimento técnico sobre a sua utilização. A exemplo da lavagem de veículos em um lava-jato sendo realizada fora dos limites das canaletas que direcionam a água à Caixa Separadora de Água e Óleo (SAO) (Figura 6A e 6B).



Figura 6 – Uso inapropriado da estrutura instalada para tratamento de efluentes (6A e 6B). Fotos: Bárbara Dornela.

Além da falta de treinamento e conhecimento técnico dos operadores das caixas SAO, também foi constatado o subdimensionamento da estrutura, principalmente pela inobservância aos

projetos aprovados no processo de licenciamento, tampouco aos parâmetros estabelecidos pela CONAMA, n. 430/2011 (Figuras 7A e 7B).



Figura 7 – Caixa SAO subdimensionada, extravasando (7A e 7B). Fotos: Bárbara Dornela.

Desenvolvimento e aplicação de um índice de avaliação do desempenho da gestão e das medidas adotadas para proteção dos recursos hídricos

Os empreendimentos visitados foram avaliados seguindo os critérios e equações apresentados, levando em consideração o que foi observado nos processos de licenciamentos e autorizações diretas, bem como nas análises das

estruturas de drenagem e da condição da cobertura vegetal no entorno dos empreendimentos alvos.

O quadro a seguir demonstra o resultado de cada um dos empreendimentos, indicando o índice de desempenho em recursos hídricos relacionados à gestão da UC e o índice de desempenho em recursos hídricos relacionado à efetividade e funcionamento das estruturas de cada empreendimento.

Tabela 3 – Resultados da aplicação dos indicadores.

A.		Indicadores relacionados à gestão ambiental da UC				
Pontuação (0-4)						
Equação	Emp. 1	Emp. 2	Emp. 3	Emp. 4	Emp. 5	Emp. 6
$\sum IDRH_A$	12	24	16	26	12	18
PTA	28	32	32	32	32	32
$IDRH_{Ai}$	0,4286	0,7500	0,5000	0,8125	0,3750	0,5625
B.		Indicadores relacionados à efetividade e funcionamento das estruturas analisadas e à aplicação dos instrumentos de controle ambiental pelos empreendimentos:				
Equação	Emp. 1	Emp. 2	Emp. 3	Emp. 4	Emp. 5	Emp. 6
$\sum IDRH_B$	15	33	17	34	22	26
PTB	36	44	44	40	40	44
$IDRH_{Bi}$	0,4167	0,7500	0,3864	0,8500	0,5500	0,5909
$IDRH_i$	0,4226	0,7500	0,4432	0,8313	0,4625	0,5767

Após a aplicação das equações dos indicadores relacionados à gestão ambiental da UC (A) e à efetividade e funcionamento das

estruturas analisadas (B), foram calculados os valores de IDRH (Gráfico 3) de cada um dos empreendimentos.

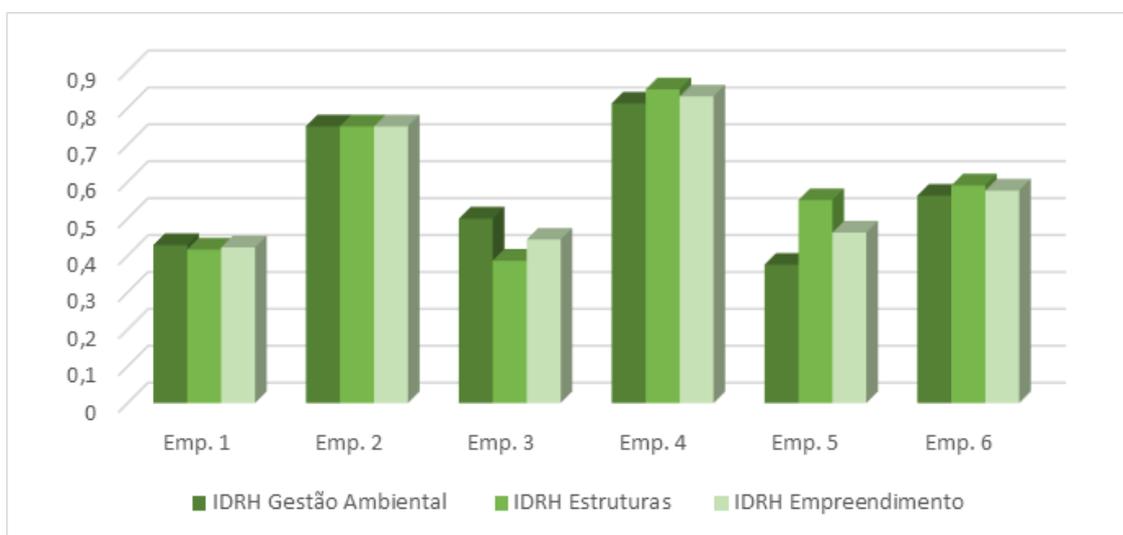


Gráfico 3 – IDRH dos empreendimentos.

Os resultados apresentados no Gráfico 3, representam os IDRH para cada empreendimento, ou seja, $IDRH_{Ai}$, $IDRH_{Bi}$ e $IDRH_i$. Esses resultados permitem observar que todos os empreendimentos apresentaram índices acima de 0,30, ou seja, nenhum com impacto da gestão da UC considerado irrelevante (abaixo de 0,30).

Dos seis empreendimentos avaliados, em quatro deles o impacto da gestão ficou classificado como moderado (entre 0,31 e 0,69), e em dois, classificado como relevante (maior ou igual a 0,70), sendo que no empreendimento 4 ficou acima de 0,80.

Com a avaliação de cada um dos empreendimentos, a partir do cálculo do IDRH pelas equações 1 a 3, seguindo os critérios de

avaliação e os indicadores, foi possível avaliar a gestão global da unidade de conservação em relação aos recursos hídricos (Gráfico 4).

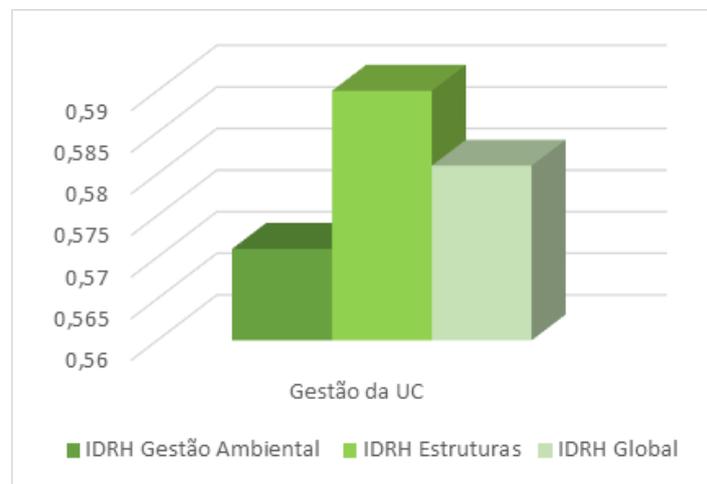


Gráfico 4 – IDRH global da unidade de conservação.

Os resultados apresentados no Gráfico 4 representam os IDRH global para a unidade de conservação, ou seja, considerando as médias dos $IDRH_{A_i}$, $IDRH_{B_i}$ e $IDRH_i$ de todos os empreendimentos avaliados. Observa-se que o IDRH Global ficou acima 0,58, classificando a efetividade global da gestão da UC como moderado conforme a escala adotada no presente trabalho. Destaca-se, neste contexto, que o $IDRH_{A_i}$, que avalia especificamente os aspectos da gestão ambiental apresentou valor acima de 0,575, valor ligeiramente abaixo do $IDRH_{B_i}$ correspondente à avaliação das estruturas implantadas, que ficou próximo de 0,585.

Discussões e Conclusões

Os empreendimentos selecionados possuem, sem exceção, condicionantes na licença ou autorização direta que visam a proteção dos recursos hídricos. A inobservância no cumprimento dessas condicionantes, o subdimensionamento das estruturas e a falta de conhecimento dos empreendedores, acarretam consequências graves e, muitas das vezes, irreversíveis. Por isso, é de extrema importância o desenvolvimento de métodos que permitam uma correta avaliação ambiental dos empreendimentos.

Através do índice de desempenho em recursos hídricos (IDRH), formulado e desenvolvido no presente trabalho, foi possível analisar as fragilidades de cada empreendimento, avaliar o monitoramento ambiental e a efetividade das ações adotadas para a conservação ambiental, sobretudo no que tange à proteção dos recursos hídricos e, de maneira global, a efetividade da gestão da unidade de conservação no que tange à proteção dos recursos hídricos.

A partir dos indicadores desenvolvidos e, avaliando de forma global a gestão ambiental da Unidade de Conservação, foi possível observar que a gestão da APA Carste de Lagoa Santa vem promovendo uma efetividade moderada no que diz respeito à proteção dos recursos hídricos, com valor de IDRH global acima 0,58, sendo que o $IDRH_{A_i}$ (acima de 0,575), relacionado à gestão, foi ligeiramente menor que o $IDRH_{B_i}$ (acima de 0,585) relativo às estruturas. Com esse resultado, pode-se dizer que não existe diferença expressiva entre o desempenho da gestão e seu resultado em relação ao desempenho das estruturas implantadas nos empreendimentos de forma geral. Entretanto, fica clara a importância que os esforços da gestão da UC produzem em relação aos resultados da implementação das medidas para a conservação dos recursos hídricos por parte dos empreendimentos.

Já os resultados dos índices aplicados individualmente para cada empreendimento ($IDRH_{Ai}$, $IDRH_{Bi}$ e $IDRH_i$) refletem o que foi observado durante as visitas de campo, quando se observou que, apesar de a maioria dos empreendimentos instalarem as estruturas impostas nas condicionantes relacionadas ao controle de processos erosivos e ao controle de efluentes, alguns apresentam subdimensionamento e falta de conhecimento ou treinamento na operação. No entanto, foi possível perceber que o desempenho ambiental dos empreendimentos em relação às medidas de conservação dos recursos hídricos varia de acordo com a gestão e o controle de cada um. Por exemplo, os dois empreendimentos mais bem avaliados mantêm contato mais frequente com a gestão da UC, possuem a gestão interna participativa e cumprem as condicionantes dentro dos prazos estabelecidos e de forma satisfatória conforme as licenças concedidas pelos órgãos ambientais competentes.

Os indicadores desenvolvidos permitiram a avaliação da gestão da unidade de conservação e das estruturas impostas nas condicionantes das licenças e autorizações diretas, os quais poderão ser adotados até mesmo como embasamento para traçar planos e metas de desempenho em recursos hídricos dos empreendimentos. Além disso, o índice desenvolvido mostrou-se uma ferramenta interessante para avaliação da gestão em relação aos recursos hídricos, sendo que os critérios estabelecidos para pontuações conferiram maior objetividade ao processo de análise, alcançando resultados de fácil interpretação. Entretanto, todos os critérios foram direcionados ao tema recursos hídricos, de forma que, para uma análise com foco em outros temas, podem ser discutidos e desenvolvidos outros critérios específicos. Dessa forma, a presente experiência na formulação e aplicação do IDRH demonstra que tal ferramenta é abrangente e flexível, podendo ser adaptada para outros temas e outras condições que se pretenda avaliar.

Ao avaliar cada empreendimento e encontrar o IDRH global, o $IDRH_A$ e o $IDRH_B$, foi possível uma análise detalhada e organizada acerca das peculiaridades observadas em cada empreendimento, bem como uma análise global da gestão ambiental da UC no que diz respeito ao impacto na proteção dos recursos hídricos. Tendo como referência o conjunto dos empreendimentos avaliados e se limitando a uma análise global

entre eles, percebe-se que as medidas mitigadoras impostas nos licenciamentos ambientais e autorizações diretas são efetivas, desde que instaladas e utilizadas de forma correta pelos empreendedores.

A análise desses seis empreendimentos ainda é incipiente para representar uma amostra significativa da totalidade dos empreendimentos licenciados e autorizados na APA Carste de Lagoa Santa. No entanto, o desenvolvimento desse índice de desempenho em recursos hídricos e seu teste nesses empreendimentos se mostrou efetivo para obtenção de resultados precisos e detalhados em uma aplicação em maior escala nesta e em outras unidades de conservação.

Agradecimento

Agradecemos ao suporte do ICMBio, sobretudo por ter autorizado a pesquisa no Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (Sisbio) sob o n. 74046-1, bem como por ter disponibilizado material e servidores para a execução das visitas e ao CNPq, que permitiu a realização do presente trabalho através do fomento à pesquisa, manifestando também gratidão à equipe da APA Carste de Lagoa Santa/ICMBio, pelo apoio imprescindível tanto na orientação quanto ao acesso aos processos e viabilização das visitas de campo.

Referências

- Andrade CS, Sousa CA, Éras ACS. Indicadores de desempenho ambiental utilizados como ferramenta de gestão no setor de distribuição e revenda de combustíveis. Anais do II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Londrina/PR, 2011.
- Baird C. Química Ambiental. Tradução Maria Angeles, Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2 ed. Porto Alegre, Bookman, 2002. 622 p.
- Barbosa FO. Ciência Ambiental Aplicada à Engenharia. Apostila de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente/UERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 2004.
- Batista et al. Uso do “Google Earth Pro” no mapeamento de voçorocas na área urbana de Manaus/AM. Tese. Universidade Federal do Amazonas, Brasil, 2018. Disponível em <<https://www.redalyc.org/jatsRepo/5528/552857648007/html/index.html>>. Acesso em 24 de janeiro de 2020.

- Bechara E. Uma contribuição ao aprimoramento do instituto da compensação ambiental previsto na lei 9.985/2000. 2007. 353 f. Tese (Doutorado em Direito) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007. Acesso em <<https://www.sapientia.pucsp.br/bitstream/handle/7713/1/Erika%20Bechara.pdf>>.
- Boardman J. The value of Google Earth™ for erosion mapping. *Catena*, 143: 123-127, 2016.
- Brasil. Resolução n. 428, de 17 de dezembro de 2010. Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 242: 805, 20 de dez., 2010.
- Browns TC, Le May H, Eugene Jr, Bursten BE. Química Ciência Central. Tradução Horácio Macedo. 7 Ed. Rio de Janeiro, LTC, 1997. p. 702.
- Cunha MC da, Thomaz EL, Vestena LR. Medidas de controle de erosão em estradas rurais na bacia do rio das Pedras, Guarapuava/PR. *Sociedade & Natureza*, 25(1): 107-118, 2013.
- FEEMA/SEMADS/COPPETEC. Programa de Capacitação Técnica e Gerencial de Órgãos Ambientais Fase II. Módulo 8: Controle de Efluentes Líquidos em Atividades Potencialmente Poluidoras de Pequeno Porte. Rio de Janeiro, 2003.
- Ferreira RRM et al. Origem e evolução de voçorocas em Cambissolos na bacia do alto Rio Grande, Minas Gerais. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007, Gramado/RS. Anais, 2007.
- Frankl A, Zwertvaegher A, Poesen J, Nyssen J. Transferring Google Earth observations to GIS-software: example from gully erosion study. *International Journal of Digital Earth*, 6(2): 196-201, 2013a.
- Gestão Ambiental; organizado por Gisela Herrmann, Hein Charles Kohler, Júlio César Duarte, Patrícia Garcia da S. Carvalho. – Belo Horizonte: IBAMA/Fund. BIODIVERSITAS/CPRM, 1998.
- ICMBio. Missão. Internet. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/missao1>>. Acesso em 07 de maio de 2019.
- ICMBIO. O Instituto. Internet. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/oinstitutio>>. Acesso em 07 de maio de 2019.
- Lima et al. A perda de solo por erosão hídrica é a principal causa da degradação do solo no Brasil. *Revista Ambi-Água*, 2013.
- Magalhães RA. Processos erosivos e métodos de contenção. Ouro Preto: CEEB, 1995.
- Mendes VJM. Desafio à gestão ambiental pública: gerenciamento de Unidades de Conservação da Natureza em consonância com a legislação de Recursos Hídricos. Repositório da UNB. Disponível em <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/24711>>. Acesso em 24 de junho de 2019.
- Milaré E. Direito do Ambiente. 3 ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004.
- Padula RC, Silva LP. Gestão e licenciamento ambiental no Brasil: modelo de gestão focado na qualidade do meio ambiente. *EBAPE.BR*. 3(3). Rio de Janeiro, 2005. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-39512005000300006>. Acesso em 06 de janeiro de 2020.
- Secron MB. Avaliação de sistemas separadores água e óleo do tratamento de efluentes de lavagem, abastecimento e manutenção de veículos automotores. FEN/UERJ, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em <<http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2006/MarceloBernadesSecromPEAMB2006.pdf>>. Acesso em 06 de janeiro de 2020.
- Viana HS, Tavares VP, Kohler HC. Sistema de Síntese da geologia e geomorfologia. Belo Horizonte: BIODIVERSITAS/CPRM, 1998.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Fluxo Contínuo e Seção Temática:

Planos de Ação Nacional para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção
n.4, 2023

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886