



SÍTIOS DE GEODIVERSIDADE E SEUS RESPECTIVOS SERVIÇOS GEOSISTÊMICAS EM DIAMANTINA, SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL

Geodiversity sites and respective geosystemic services in Diamantina, Southern
Espinhaço Range

Matheus Pereira Ferreira

Faculdade Interdisciplinar em Humanidades, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e
Mucuri / Campus JK

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7630-0075>

ferreira.matheus@ufvjm.edu.br

Bruno Moraes Corrêa

Faculdade Interdisciplinar em Humanidades, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e
Mucuri / Campus JK

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3682-6766>

bruno.correa@ufvjm.edu.br

Marcelino Santos de Moraes

Faculdade Interdisciplinar em Humanidades, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e
Mucuri / Campus JK

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7577-7637>

marcelino.santos@ufvjm.edu.br

Danielle Piuzana Mucida

Faculdade Interdisciplinar em Humanidades, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e
Mucuri / Campus JK

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5756-8081>

danielle.piuzana@ufvjm.edu.br

Artigo recebido em jan/2023 e aceito em abr/2023

RESUMO

A compreensão e preservação dos sítios de geodiversidade estimulam projetos voltados para a interpretação dos processos naturais e conscientização dos danos causados pela ação humana. Tais danos podem afetar negativamente os recursos naturais abióticos que fornecem benefícios à sociedade, os serviços geossistêmicos. Este trabalho objetiva busca-se o levantamento dos sítios de geodiversidade da sede urbana de Diamantina e seu entorno com o viés para os serviços geossistêmicos gerados. A pesquisa adotou uma abordagem multidisciplinar que envolveu reconhecimento das áreas (inventariação) e quantificação dos valores científico, potencial

educacional e turístico de três sítios de geodiversidade e consulta a especialistas para pontuações de serviços de provisão, regulação, culturais/conhecimento e de suporte. Foram analisados três sítios de geodiversidade: Cruzeiro da Serra, Turfeira Pau de Fruta e Gruta do Salitre. A Gruta do Salitre e a Turfeira Pau de Fruta destacaram-se internacionalmente em termos de valor científico. O Cruzeiro da Serra apresentou maior valor quanto ao uso educacional. Os riscos de degradação foram médios para Cruzeiro da Serra e Turfeira Pau de Fruta, devido à proximidade e influência de crescimento urbano, loteamentos e rodovia. A Turfeira Pau de Fruta desempenha papel essencial em serviços de provisão (como hídrica) e regulação (como estoque de carbono). A Gruta do Salitre apresentou alta relevância em serviços de regulação, suporte e culturais (como recreação e lazer e história da Terra). O Cruzeiro da Serra foi mais relevante nos serviços culturais. Além disso, esses sítios têm um valor significativo em termos de preservação ambiental e desenvolvimento cultural-científico.

Palavras-chave: Capital Natural; Geoconservação; Provisão; Turfeira; Vale do Jequitinhonha.

ABSTRACT

The understanding and preserving of geodiversity sites stimulate projects aimed at the interpretation of natural processes and awareness of the damage caused by human action. Such damage can negatively affect abiotic natural resources that benefit society and geosystemic services. This work aims to survey the geodiversity sites of the urban center of Diamantina and its surroundings with a bias toward the geosystemic services generated. The research adopted a multidisciplinary approach that involved reconnaissance of the areas (inventory), quantifying the scientific, educational, and tourism potential values of three geodiversity sites, and consultation with experts for scores of provisioning, regulatory, cultural/knowledge, and supporting services. Three geodiversity sites were analyzed: Cruzeiro da Serra, Pau de Fruta Peatland, and Gruta do Salitre. The Gruta do Salitre Cave and the Pau de Fruta Peatland stood out internationally regarding scientific value. Cruzeiro da Serra presented the highest value in terms of educational use. Due to the proximity and influence of urban growth and highways, the degradation risks were medium for Cruzeiro da Serra and Pau de Fruta. The Pau de Fruta Peatland is essential in provisioning services (such as water) and regulation (such as carbon stock). The Gruta do Salitre presented high relevance in the regulation, the supporting, and the cultural services (such as recreation and leisure and history of the Earth). The Cruzeiro da Serra was more relevant in cultural services. In addition, these sites have significant value in terms of environmental preservation and cultural-scientific development.

Keywords: Natural Capital; Geoconservation; Provisioning; Peatlands; Jequitinhonha Valley.

1. INTRODUÇÃO

A geodiversidade caracteriza-se como toda variedade de aspectos naturais geológicos como minerais, rochas, fósseis e geomorfológicos, como formas de relevo e seus processos de formação (NASCIMENTO *et al.*, 2008). Estudos vinculados à geodiversidade podem revelar a potencialidade do patrimônio geológico de uma região, ou seja, características geológicas especiais que devem ser preservadas (GRAY, 2019). O valor e conceito de um sítio de geodiversidade pode variar de acordo com seu potencial para ciência, educação, cultura ou turismo. Sítios de geodiversidade também necessitam de proteção, conservação e manutenção uma vez que não são recursos naturais renováveis (BRILHA, 2016; 2018). Dada essa importância ao papel da

geodiversidade no meio ambiente, e que a principal causa da destruição desse patrimônio geológico ocorre devido a falta de informação e divulgação de conhecimento, ações de inventariação de sítios de geodiversidade mostram-se necessárias (NASCIMENTO *et al.*, 2008; GRAY, 2019; FOX *et al.*, 2020).

A geologia faz parte do “capital natural” do planeta, o estoque de ativos naturais globais. Esses ativos fornecem muitos benefícios para a sociedade, muitas vezes referidos como serviços ecossistêmicos (GRAY, 2019). A diversidade de espécies que se desenvolve em um ecossistema está diretamente ligada à variedade de solos, rochas e relevos do ambiente, ou seja, a biodiversidade está diretamente relacionada à geodiversidade. No entanto, tradicionalmente estudos científicos têm focado principalmente nos serviços bióticos e têm subvalorizado os abióticos (MUCIVUNA *et al.*, 2017; GRAY, 2019).

A biodiversidade e a geodiversidade consistem em importantes elementos do patrimônio natural e vinculam-se a serviços ecossistêmicos e geossistêmicos respectivamente (GRAY, 2019; VAN REE *et al.*, 2017). Os serviços ecossistêmicos são benefícios fundamentais para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais, refletindo diretamente na qualidade de vida das pessoas enquanto os serviços geossistêmicos são definidos como os bens e serviços que contribuem para o bem-estar humano especificamente resultantes da subsuperfície (VAN REE; VAN BEUKERING, 2016).

O município de Diamantina possui cerca de 3.893 km² e apresenta diversos atrativos naturais e, conseqüentemente, potenciais para o desenvolvimento econômico. Localiza-se na porção central da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. Caracteriza-se por afloramentos rochosos, paisagens com beleza cênica, ocorrências minerais, sítios arqueológicos e mineiros (CHAVES, MENEGHETTI FILHO, 2002; MOTTA NETO, 2018). Neste cenário, historicamente, ocorrem impactos ambientais como queimadas, processos erosivos, assoreamento e poluição de corpos d'água, áreas degradadas por atividades agropecuárias e mineração, o que tem afetado negativamente a biodiversidade e a geodiversidade local (MUCIDA *et al.*, 2019; 2021).

Neste sentido, busca-se o levantamento dos sítios de geodiversidade da sede urbana de Diamantina e seu entorno com o viés para os serviços geossistêmicos gerados. Trata-se de uma proposta de valorização da geoconservação a partir das especificidades regionais da Serra do Espinhaço Meridional e que elencará, para cada sítio de geodiversidade analisado, os principais serviços prestados.

2. ÁREA DE ESTUDO

Diamantina localiza-se na mesorregião do Vale do Jequitinhonha, a cerca de 290 km de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais. O município apresenta uma área total de aproximadamente 3.981 km² e uma população estimada de 47.924 habitantes (IBGE, 2023). A sede municipal se encontra nas coordenadas geográficas 18° 25' Sul e 43° 60' Oeste, a 1.113 metros de altitude (Figura 1). O clima da região é predominante mesotérmico (Cwb), segundo a classificação de Köppen. A média térmica anual varia entre 18°C e 19°C, com pluviosidade anual média entre 850 mm e 1.500 mm. Localizado no limite Norte da Serra do Espinhaço Meridional, a região possui uma morfologia caracterizada por planaltos elevados interrompidos por escarpas quartzíticas (SAADI, 1995). A sede urbana caracteriza-se por rochas metassedimentares da Formação São João da Chapada, Sopa Brumadinho e Galho do Miguel, Supergrupo Espinhaço, depositadas ao longo do Proterozoico (DUSSIN; DUSSIN, 1995; CHEMALE JÚNIOR *et al.*, 2012). O tipo de solo mais comum é o Neossolo Litólico, que está associado às rochas quartzíticas (FRANÇA *et al.* 2018). Há também uma presença localizada de Organossolos. O bioma Cerrado é o mais predominante na região (FRANÇA *et al.*, 2018).

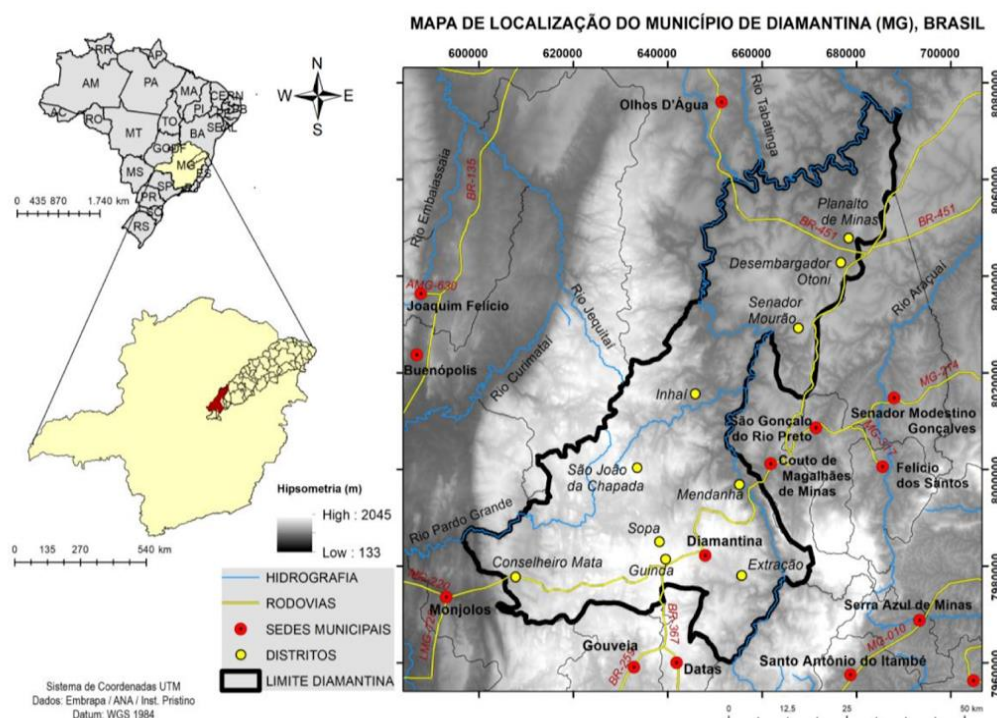


Figura 1 - Localização do município de Diamantina no contexto do Brasil, Minas Gerais, Mesorregião do Vale do Jequitinhonha, com demarcação de sede municipal e distritos.

Fonte: França *et al.* (2018).

3. METODOLOGIA

3.1. Inventariação e Quantificação dos Sítios de Geodiversidade

A inventariação e quantificação de cada sítio de geodiversidade foi obtida a partir da sua importância científica, educacional e turística. O trabalho utilizou a metodologia adaptada de Brilha (2016) e da plataforma Geossit da CPRM (2023). Os sítios potenciais inventariados e quantificados foram georreferenciados com uso de um navegador GPS; os dados descarregados no *software* Google Earth Pro® possibilitando uma ampla visão dos potenciais sítios de geodiversidade. Para cada sítio potencial foi quantificado o risco de degradação (BRILHA, 2016; CPRM, 2023).

No Quesito Valor Científico serão avaliados os critérios: Representatividade, Localidade Chave, Conhecimento Científico, Integridade, Diversidade Geológica, Raridade, e Limitações de Uso. O quesito Potencial de Uso Educacional será norteado por doze critérios: Vulnerabilidade, Acessibilidade, Limitações de Uso, Segurança, Logística, Densidade populacional, Associação com outros valores, Cenário, Unicidade, Condições de Observação, Potencial Didático, e Diversidade Geológica. O Potencial de Uso Turístico considerou treze critérios: Vulnerabilidade, Acessibilidade, Limitações de Uso, Segurança, Logística, Densidade Populacional, Associação com Valores Cultural e Ecológico, Cenário, Unicidade, Condições de Observação, Potencial Interpretativo, Nível Econômico e Proximidade de Áreas de Lazer. A avaliação do Risco de Degradação terá como suporte metodológico cinco critérios: Degradação do elemento geológico, Proximidade de áreas e/ou atividades com potencial para causar degradação, Proteção legal, Acessibilidade, e Densidade populacional.

Os critérios para cada quesito foram pontuados e o valor final calculado pela soma ponderada. O potencial de uso científico do local de interesse geológico apresenta relevância nacional para valor igual ou maior que 200, ou internacional, caso seja maior que 300. O potencial de uso educacional e/ou turístico do local de interesse geológico é considerado de relevância nacional para valores finais iguais ou maiores que 200, ou regional, para valores menores que 200. Quanto ao risco de degradação, para valores menores que 200, considera-se baixo risco, médio risco entre 201 e 300 e valores acima de 300 indicam um alto risco de degradação.

3.2. Serviços Geossistêmicos dos sítios de Geodiversidade

Os sítios foram categorizados de acordo com os serviços geossistêmicos considerando serviços de Regulação, Suporte, Provisionamento, Cultural e de Conhecimento, os quais apresentam 26 subcategorias (GRAY, 2011). As subcategorias mais relevantes são: disponibilidade de água, minerais (energéticos), sedimentos (como serviços de provisionamento), capacidade de

armazenamento, formação do solo, habitat biológico (como suporte às funções do ecossistema) e processos físicos e ciclos bioquímicos (como serviços de regulação) (VAN REE *et al.*, 2017).

Por meio da metodologia participativa, aplicou-se um formulário a atores acadêmicos, especialistas nos contextos locais dos sítios (BURKHARD *et al.*, 2009; TEEB, 2018) Foram consultados: geólogo, geógrafo, arqueólogo, ecólogo e pedólogo. Os principais serviços geossistêmicos foram elencados por categoria e atribuídos pesos por grau de relevância/importância em cada unidade sítio potencial. Os valores de importância de categorias de serviços constituíram a matriz com os pesos atribuídos a cada serviço prestado, em uma escala de 1 a 5, no qual 1: muito baixa relevância, 2: baixa relevância, 3: média relevância, 4: muito relevante, 5: muito alta relevância e NS: não se aplica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Inventariação dos sítios Cruzeiro da Serra, Turfeira Pau de Fruta e Gruta do Salitre

O Cruzeiro da Serra (Figura 1a) encontra-se no alto da Serra dos Cristais, localizado nas coordenadas 648692 E e 7982706 S. O local possui beleza cênica, sobre afloramento rochoso de matriz quartzítica da Formação Sopa Brumadinho, do Supergrupo Espinhaço (FOGAÇA, 1997). Sobre o afloramento há uma cruz de cerca de 4 metros de altura (Figura 2a). Possui fácil acesso com estrada asfaltada a partir do bairro Rio Grande (Figura 2b), e neste sentido é muito visitado pela comunidade diamantinense, além de turistas. É ainda visitado por docentes e discentes de escolas do ensino básico e superior para a análise de paisagem natural e urbana, com destaque para observação do Pico do Itambé (Figura 2c) e parte central da sede urbana, onde as construções coloniais se mesclam às mais recentes (Figura 2d). Na base da cruz há uma placa contendo informações a respeito da importância do local para Diamantina (Figura 2e). Apresenta adornos indicativos do seu valor cultural (Figura 2f). Vale destacar a proximidade com o “Caminho dos Escravos” uma trilha de pedra remanescentes do período colonial, vinculado à exploração de diamantes (trecho da Estrada Real) e que pode ser acessado por trilhas, ou pela BR-367, ambas partindo do Cruzeiro da Serra.



Figura 2 - Imagens referentes a inventariação do Cruzeiro da Serra. a) a cruz sobre quartzitos no alto da serra dos cristais; b) acesso por via asfaltada (Visada para N); c) visada para SE, para o Pico do Itambé; d) Visada para SW, para a parte urbana de Diamantina; e) placa informativa do cruzeiro da serra; f) Adornos em afloramento quartzítico na área.

Fonte: Autores.

A Turfeira da APA (Área de Proteção Ambiental) Pau-de-Fruta localiza-se a cerca de 6 quilômetros da sede municipal de Diamantina, nas coordenadas 640923 E e 798059 S. Ocupa uma área de 81,75 hectares e está localizada à margem esquerda da rodovia BR-387 (Diamantina/Gouveia) a 1.366 metros de altitude (CAMPOS *et al.*, 2010). A turfeira Pau de Fruta foi uma das primeiras a serem estudadas na Serra do Espinhaço Meridional (SILVA *et al.*, 2009a, b). Do ponto de vista geológico, a turfeira encontra-se predominantemente sobre rochas da Formação Sopa Brumadinho e Galho do Miguel, Supergrupo Espinhaço (FOGAÇA, 1997). Os solos predominantes são os Organossolos Háplicos (CAMPOS *et al.*, 2010). O sítio é coberto por vegetação típica de campo úmido e manchas esparsas (ilhas de espécies arbustivas e arbóreas) de florestas estacionais (CAMPOS *et al.*, 2010) (Figura 3).

Nos arredores do montante do córrego das Pedras, em afloramento quartzítico da Formação Galho do Miguel, há um abrigo conhecido popularmente como Casa de Pedra. Nas imediações há sítios arqueológicos pré-históricos com pinturas rupestres e material lítico. A casa de Pedra Norte foi objeto de coleta pelo sistema de áreas amostrais, reunindo um total de 158 peças, como lascas de quartzo e quartzito (ISNARDIS, 2009).



Figura 3 - Imagem obtida por veículo aéreo não tripulado (VANT) de parte da Turfeira Pau de Fruta, marcada pelo verde mais intenso da vegetação, em contraste com as áreas com vegetação mais rala (acinzentada) e solo exposto (areia branca) em sua área de recarga hídrica. Visada para Nordeste.

Fonte: Autores.

A Gruta do Salitre localiza-se na estrada da sede urbana de Diamantina para o distrito de Extração (Curralinho), Km 9, nas coordenadas 654704 E, 7978426 S. Caracteriza-se por rochas quartzíticas do Supergrupo Espinhaço, Grupo Guinda, Formação Sopa Brumadinho (FOGAÇA, 1997). O sítio apresenta na área externa afloramentos rochosos que se destacam na paisagem (Figura 4a). Um cânion de aproximadamente 125 m de altura por 10 a 15 de largura, com características cársticas (BAGGIO, 2012) (Figura 4b) liga a parte externa ao salão principal, parte interna.

Na maior cavidade há uma feição semicircular caracterizada como dolina. Cavidades menores (Figuras 4c) que possuem em seu interior protuberâncias formadas pela sedimentação. Outro detalhe que chama atenção dos visitantes é que em um determinado ponto do salão, ao se olhar para o céu, as feições cársticas quartzíticas assemelham-se ao mapa do Brasil (Figura 4d)

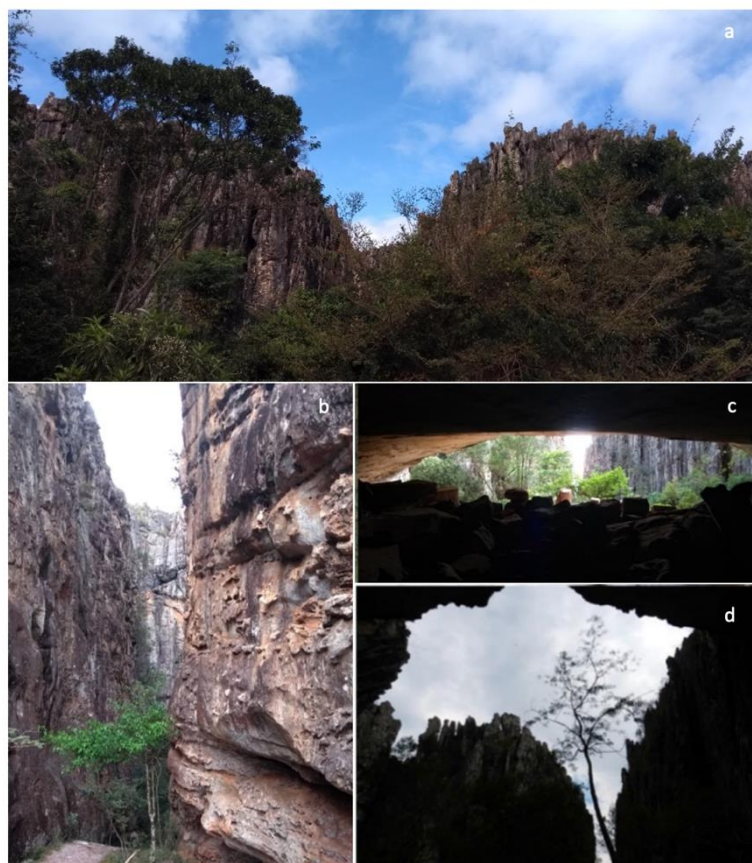


Figura 4 - a) Vista externa da Gruta do Salitre. b) Cânion do corredor de entrada. C) Vista da parte interna da maior cavidade para a entrada da gruta d) Figura semelhante ao mapa do Brasil, visto da parte interna da Gruta do Salitre.

Fonte: Autores.

4.2. Quantificação dos sítios Cruzeiro da Serra, Turfeira Pau de Fruta e Gruta do Salitre

A quantificação dos Valores Científico, Educacional e Turístico e risco de Degradação para os sítios de geodiversidade encontram-se na Tabela 1. Os dados quantitativos da avaliação indicam que o Cruzeiro da Serra apresenta um baixo valor científico com pontuação de 195 (Tabela 1). Quanto aos valores educacional e turístico alcançou as pontuações 325 e 270, respectivamente, justificado por atividades educacionais e turísticas que já ocorrem no local (Tabela 1). Os quesitos de Acessibilidade, Segurança, Logística, Condições de observação, Limitações de uso e Potencial didático, alcançaram pontuação máxima refletindo a facilidade de acesso e destaque do local que se encontra próximo ao centro histórico de Diamantina. O critério de Associação com outros valores também atingiu pontuação máxima devido ao uso cultural por parte da comunidade com o local, utilizando-o para fins recreativos, religiosos e ecológicos.

Quanto ao Valor Educacional pode-se elencar a importância do local para visitas e trabalhos de campo tendo como público-alvo diferentes faixas etárias e abordagens. A visada para o centro urbano permite uma análise tanto histórica do estilo arquitetônico colonial. O exercício cartográfico e de análise desses elementos é produtivo junto aos estudantes que buscam prédios e marcos

geográficos como o Pico do Itambé (vide Figura 2c) de referência para a localização. Quanto ao ensino superior, o local também é de grande referência para cursos que tenham unidades curriculares que abordam elementos naturais e ou urbanos como a Biogeografia, Fundamentos de Geologia, Pedologia e Geografia Urbana. Apesar de encontrar-se localizado na área urbana de Diamantina é um limite geomorfológico/geológico, caracterizado por uma frente de empurrão, e por isso é um ponto mais elevado na paisagem. O Cruzeiro da Serra apresenta um valor de risco médio de degradação com pontuação de 270 (Tabela 1). Recentemente o Ministério Público de Minas Gerais teve que atuar devido a ocupação irregular desordenada no local.

Tabela 1: Critérios com pesos segundo Brilha (2016) e Geossit (2023) para quantificação dos Valores Científico, Educacional e Turístico para os potenciais sítios nas proximidades da sede urbana de Diamantina, Minas Gerais. P é a pontuação dada e V é o valor para cada critério.

Critérios para valor - Peso	Cruzeiro da Serra		Turfeira Pau de Fruta		Gruta Salitre	
Científico	P	V	P	V	P	V
Representatividade - 30	2	60	4	120	4	120
Localidade Chave - 20	1	20	3	60	1	20
Conhecimento Científico - 5	2	10	4	20	4	20
Integridade - 15	2	30	4	60	4	60
Diversidade Geológica - 5	1	5	1	5	2	10
Raridade - 15	2	30	2	30	4	60
Limitações de Uso- 10	4	40	2	20	2	20
Valor Final	195		315		310	
Educacional	P	V	P	V	P	V
Vulnerabilidade -10	2	20	3	30	2	20
Acessibilidade -10	4	40	3	15	1	10
Limitações de uso - 5	4	20	2	20	2	10
Segurança -10	4	40	4	20	3	30
Logística -5	4	20	1	5	4	20
Densidade populacional - 5	1	5	4	20	1	5
Associação c/ valores -5	4	20	0	0	4	20
Cenário -5	2	10	4	20	3	15
Unicidade -5	2	10	2	20	2	10
Condições de observação -10	4	40	1	20	3	30
Potencial didático -20	4	80	3	30	4	80
Diversidade geológica -10	2	20	2	20	4	40
Valor Final	325		220		290	
Turístico	P	V	P	V	P	V
Vulnerabilidade-10	2	20	2	20	2	20
Acessibilidade 10	4	40	3	30	1	10
Limitações de uso -5	4	20	3	15	2	10
Segurança -10	4	40	2	20	3	30
Logística -5	4	20	4	20	4	20
Densidade populacional -5	1	5	1	5	1	5
Associação c/ valores -5	4	20	4	20	4	20
Cenário -15	2	30	0	0	3	45
Unicidade -10	2	10	4	40	2	20
Condições de observação -5	4	20	2	10	3	15
Potencial interpretativo -10	2	20	2	20	3	30
Nível econômico -5	1	5	1	5	1	5
Próximo a áreas de lazer -5	2	10	4	20	4	20

Valor Final	270		225		250	
Risco de degradação	P	V	P	V	P	V
Degradação do elemento geológico- 35	4	140	1	35	1	35
Proximidade atividades degradatórias - 20	1	20	4	80	2	40
Proteção legal -20	2	40	2	40	3	60
Acessibilidade - 15	4	60	3	45	1	15
Densidade populacional 10	1	10	1	10	1	10
Valor Final	270 Risco médio		210 Risco médio		160 Risco baixo	

Fonte: Autores, 2023.

As pontuações obtidas indicam que a Turfeira Pau de Fruta apresenta relevância nacional como geossítio, com valor de 315 (Tabela 1). Tal relevância vincula-se a extensa pesquisa científica nas últimas duas décadas, com estudos nacionais e internacionais destacando seu alto valor científico. Inúmeros estudos, principalmente de pós-graduação, foram realizados na turfeira com o intuito de se conhecer sobre sua idade de formação (geocronologia), paleoclimatologia, paleovegetação, estudo de pólenes (palinologia) e capacidade de retenção de água em seus solos (CAMPOS *et al.*, 2010; 2012, 2017; HORAK-TERRA *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2009a, b). Amostras de turfa coletadas em diferentes pontos e profundidades da turfeira apresentam idades que chegam a 24.000 anos antes do presente (SILVA *et al.*, 2022).

A turfeira apresentou, para o uso educacional, valor final 220 e turístico, valor final 225 (Tabela 1). Os valores educacional e turístico, apesar de serem mais baixos, pontuaram positivamente no que concerne à localização, fácil acesso, associação com outros valores, como sítios arqueológicos pré-históricos (pinturas rupestres) e históricos (casa de pedra), além da vegetação campestre rupestre e de ecossistemas úmidos. O valor final do risco de degradação foi médio, com valor final 210), muito associado à rodovia MGT 367 limítrofe por vários quilômetros com um dos limites da APA Pau de Fruta (vide Figura 3). Ademais, Fonseca *et al.* (2018) citam a presença de uso do solo (plantio de eucalipto) no domínio da turfeira.

Já a Gruta do Salitre, quanto ao valor científico, apresentou pontuação de 310 pontos, enquadrando-se na categoria de geossítio de interesse internacional (Tabela 1). Entre os atributos de uso científico analisados, vale destacar o de “Conhecimento Científico”, no qual obteve pontuação máxima por já existir publicações internacionais diretamente ligadas a geodiversidade local como o relevo cárstico em quartzito (HORN *et al.*, 2013; CRISTINA; SOUZA, 2014, 2015), uso público das cavernas (MOURA; ALT, 2015) o que contribuiu para notas máximas nos atributos “Representatividade” e “Raridade”. Existe também publicação internacional ligada à biodiversidade local, como a presença de insetos da família dos flebotomíneos (*Diptera psychodidae*) na caverna (BARATA; APOLINÁRIO, 2012).

O geossítio apresenta potencial nacional para ambos os valores educacional e turístico, alcançando a pontuação de 290 e 250, respectivamente. Atributos como “Acessibilidade” e “Limitações de Uso” obtiveram baixas pontuações devido a dificuldades de acesso, necessidade de agendamento de horários de visita e pagamento de taxa de entrada. Quanto aos atributos “Potencial Didático” e “Diversidade Geológica” do valor educacional, atribuiu-se nota máxima, pois, o geossítio apresenta mais de três tipos de elementos de geodiversidade que podem ser trabalhados do ensino básico ao superior. Como a Gruta também se encontra relativamente próxima a Diamantina (10 Km) e estruturas de atendimento, como também próxima ao distrito de Extração ou Curralinho (1Km), critérios de “Logística” e “Proximidades com Área de Lazer” obtiveram nota máxima.

A Gruta do Salitre já apresentou problemas como acúmulo de lixo, pichações, desmatamento, ocupações irregulares, além da segurança dos visitantes (AZEVEDO; ARAÚJO, 2011). Desde 2011 a gestão é feita por um Instituto, que atua com ações como capacitação de moradores locais como guias, definição de horários de visitação, implantação de lixeiras e coleta seletiva do lixo, melhorias na sinalização. Neste sentido, a Gruta do Salitre apresentou um baixo risco de degradação, com nota 160.

4.3. Serviços Geossistêmicos

Os principais serviços geossistêmicos foram elencados por categoria conforme Gray (2011) e atribuídos pesos por grau de relevância/importância em cada sítio potencial. A síntese das pontuações, a partir de consultas a especialistas, encontra-se na Tabela 2.

O Cruzeiro da Serra é uma escarpa quartzítica da Serra dos Cristais, a norte da sede urbana de Diamantina. A Serra dos Cristais foi tombada provisoriamente pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA) em 2000, e definitivamente em 2010, pelo Conselho Estadual do Patrimônio Cultural (CONEP) (RAYEL; GUIMARÃES, 2012). Este relevo residual apresentou pesos significativos quanto aos serviços culturais (média 5), por ser considerada um marco geográfico desde o Brasil Colônia, descrito em obras de naturalistas do século XIX (Tabela 2).

Tabela 2: Pontuações obtidas para serviços geossistêmicos de provisão, regulação, culturais e suporte com subclasses. Adaptado de Gray (2011)

Serviços geossistêmicos/subclasses		Cruzeiro da Serra	Turfeira Pau de fruta	Gruta do Salitre
Provisão	Alimento/ Água	3,5	5	3
	Nutrientes e minerais para o crescimento saudável	3,5	NS	1
	Combustível	1,5	NS	5

	Material de construção	3	NS	5
	Material industrial (fertilizantes, farmacêuticos, metais)	3	3	5
	Produtos ornamentais (rochas ornamentais, gemas)	3	NS	5
	Média	2,9	4	4
Regulação	Processos atmosféricos e oceânicos (ciclo hidrológico, circulação, química atmosférica)	4	5	5
	Processos terrestres (ciclo da rocha, ciclo do carbono)	5	5	5
	Controle de inundação	2,5	5	5
	Qualidade e quantidade de água (estoque de águas em aquíferos, lagos, reservatórios)	2,5	5	5
	Média	3,8	5	5
Culturais	Qualidade ambiental	4,5	5	5
	Geoturismo e recreação	5	3	5
	Sentidos cultural, espiritual e histórico	5	4	5
	Inspiração artística	5	2	5
	Desenvolvimento cultural-científico	4,5	5	5
	História da Terra (evolução da vida, extinções, paleoambientes)	4	5	5
	Entendimento dos processos físicos	5	5	5
	História da ciência	5	5	5
	Educação e emprego	4,5	5	5
	Monitoramento e previsão ambiental	5	2	5
	Média	4,75	4,1	5
Suporte	Processos pedológicos	5	4	NS
	Provisão de habitat (ex: cavernas, penhasco)	5	5	5
	Paisagem cultural como plataforma de atividade humana	5	3	5
	Média	5	4	5
Oferta geral		4,1	4,3	4,7

Fonte: Autores, 2023.

Em 1817, Saint-Hilaire descreveu que o Arraial do Tejuco (atual Diamantina) se encontrava cercado por rochedos pardos escuros. O naturalista von Tschudi, em 1858, volta a descrever os afloramentos rochosos da região, em especial o Alto da Cruz, atualmente Cruzeiro da Serra (TSCHUDI, 2006). Quanto aos serviços de provisão (hídrica, alimentos) a média foi 2,9; serviço de regulação 3,8 e suporte 4,5 com pontuações mais significativas para provisão de habitat - refúgio e berçário para espécies animais e vegetais (FAO, 2019).

A turfeira Pau de Fruta, quanto aos serviços de provisão, obteve pontuação máxima no quesito de abastecimento de água (Tabela 2). A turfeira atua como reservatório natural de água, armazenando grandes volumes que são gradualmente liberados para alimentar o abastecimento de Diamantina. Além disso, funciona como nascente do Córrego das Pedras, contribuindo para a manutenção dos fluxos de água na região (CAMPOS *et al.*, 2012; FONSECA *et al.*, 2018). Dados de área e volume da turfeira foram obtidos por Campos *et al.* (2012) que estimaram cerca de 730.000 m³ de volume, sendo que cerca de 83% deste valor é ocupado por água, ou seja, cerca de 630.000 m³. A função socioambiental de turfeiras ressalta sua relevância crítica na promoção da sustentabilidade hídrica local, tornando imperativo seu cuidado e conservação. Esses ecossistemas desempenham um papel fundamental na garantia de água de alta qualidade e na preservação dos serviços de provisão da região. Além disso, ainda como um Serviço de Provisão, os materiais encontrados em turfeiras, pelo excesso de matéria orgânica, podem ser usados como material industrial (fertilizantes).

Quanto aos Serviços de Regulação, as turfeiras possuem alta relevância em processos atmosféricos, terrestres, controle de inundações e qualidade e quantidade de água. Já nos Serviços Culturais, as turfeiras são importantes fornecedoras de qualidade ambiental, no desenvolvimento cultural e científico, entendimento de paleoambientes, processos físicos e monitoramento e previsão ambiental. Quanto aos Serviços de Suporte, tem alta relevância nos processos de formação de solos, muito alta relevância em provisão de habitat, e média relevância na paisagem cultural. Segundo HORAK *et al.* (2015) houve mudanças de vegetação pelos estudos de grãos de pólen obtidos na turfeira Pau de Fruta desde o início do Holoceno, com episódios de avanço da vegetação campestre sobre a vegetação arbórea e vice-versa.

A Gruta do Salitre obteve nota máxima em vários atributos. Pode ser considerada de grande relevância, principalmente quanto aos Serviços de Regulação. Apresentou a média oferta geral serviços geossistêmicos mais alta, se comparada aos demais sítios (Tabela 2). Quanto aos serviços culturais, a Gruta do Salitre é visitada para diversos fins como, por exemplo, observação e lazer na natureza, prática de esportes como escalada e *boulder*, eventos musicais, aulas em campo para diferentes níveis de ensino e pesquisas científicas em diferentes áreas de conhecimento (ARAÚJO, 2014; MOURA; ALT, 2015). Trabalhos já apresentados voltados à formação da gruta e sua biodiversidade (HORN *et al.*, 2013; CRISTINA; SOUZA, 2014, 2015, BARATA; APOLINÁRIO, 2012) são relevantes quanto ao desenvolvimento cultural-científico, história da Terra, entendimento de processos físicos dentre outros

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizou-se o estudo no Cruzeiro da Serra, Gruta do Salitre e Turfeira Pau de Fruta e seus respectivos serviços geossistêmicos, no entorno da sede urbana de Diamantina. Obteve-se a geodiversidade por meio de inventariação e quantificação. A relevância de serviços geossistêmicos para os serviços de provisão, regulação, cultural e conhecimento, e suporte de cada sítio foi obtida por consulta a especialistas. A Gruta do Salitre e a Turfeira Pau de Fruta podem ser consideradas geossítios, dada sua pontuação quanto ao valor científico de relevância internacional. O Cruzeiro da Serra de relevância regional. De maneira geral, os sítios apresentam-se em bom estado de conservação, mas o risco de degradação para a turfeira Pau de Fruta e Cruzeiro da Serra foi médio devido a proximidade com rodovia e impactos associados e crescimento urbano desordenado, respectivamente. Quanto a oferta geral de serviços geossistêmicos, os três sítios mostraram-se com relevância significativa entre 4,1 e 4,7. A turfeira Pau de Fruta apresentou o maior valor quanto aos serviços de provisão, em especial de água armazenada em Organossolos, que abastecem a sede urbana de Diamantina. Já o Cruzeiro da Serra e Gruta do Salitre apresentaram maiores valores quanto aos Serviços Culturais e de Conhecimento, em especial, ao Geoturismo e recreação, sentidos cultural, espiritual e histórico e Inspiração artística.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil (Bolsa PIBIC-CNPq-UFVJM); da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Bolsa PIBIC-FAPEMIG-UFVJM). Agradecemos o suporte logístico ao LandLab – MULTIFLOR/UFVJM e ao Projeto GAIA/UFVJM. Danielle Piuza Mucida agradece à FAPEMIG pelo apoio financeiro do Projeto *Contribuições da Natureza para as pessoas: Proposta de incorporação dos serviços ecossistêmicos e ambientais no Zoneamento Ambiental e Produtivo* (APQ 00185-22). Agradecemos ao projeto CNPq: *Contribuições da natureza para as pessoas: o papel de interações bióticas no funcionamento de serviços ecossistêmicos e ambientais no Vale do Jequitinhonha (MG-Brasil)* (Processo: 423939/2021-1).

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, H. R. **Valoração Dos Serviços Ambientais Da Gruta Do Salitre, Diamantina, Minas Gerais, Brasil**. 2014. 86 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Sócio-econômica e Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

AZEVEDO, A. A.; ARAÚJO, H. R. Processo de estruturação da gestão do uso público da Gruta do Salitre, Diamantina, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31, 2011, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros: SBE, 2011. p. 201-208.

BAGGIO, P.H. Morfologia Cárstica do Maciço Quartzítico da Gruta do Salitre, Diamantina – MG. **Revista Vozes do Vale Publicações Acadêmicas UFVJM**, v. I p. 1-20, 2012.

BARATA, R.A.; APOLINÁRIO, E. C. Sandflies (Diptera: Psychodidae) from caves of the quartzite Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, n. 8, v. 07, p. 1016-1020, 2012.

BRILHA, J. *et al.* Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature. **Environmental Science & Policy**, v. 86, p. 19-28, 2018.

BRILHA, J. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. **Geoheritage**, v. 8, n. 2, p. 119-134, 2016.

BURKHARD, B. *et al.* Landscapes ‘Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. **Landscape Online**, v.15, p. 1-22. 2009.

CAMPOS, J. R. R. *et al.* Pedochronology and development of peat bog in the environmental protection area Pau-de-Fruta-Diamantina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 6, p. 1965-1975, 2010.

CAMPOS, J. R. R. *et al.* Influence of the structural framework on peat bog distribution in the tropical highlands of Minas Gerais, Brazil. **Catena**, v. 156, p. 228- 236, 2017.

CAMPOS, J. R. R.; SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P. Mapping, organic matter mass and water volume of a peatland in Serra do Espinhaço Meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 723-732, 2012.

CHAVES, M. L. S.; MENEGHETTI FILHO, I. Conglomerado Diamantífero Sopa, Região de Diamantina, MG: Marco histórico da mineração do diamante no Brasil. In: SCHOBENHAUS, C. *et al.* (Eds). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM, 2002. p. 517 - 527.

CHEMALE JR. F. *et al.* Nova abordagem tectono-estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em sua porção meridional (MG). **Geonomos**, v.19, n. 2, p. 173-41, 2012.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL **Geossit**. 2023. Disponível em: Geossit - Listar Geossítios (cprm.gov.br). Acesso em: 30 mai. 2023.

DUSSIN, I. A.; DUSSIN, T. M. Supergrupo Espinhaço: Modelo de evolução geodinâmica. **Geonomos**, v. 3, n. 1, p. 19-26, 1995.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Supporting services**: ecosystem services and biodiversity. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/ecosystems-services-biodiversity/background/supporting-services/en/>. Acesso em: 24 abr. 2023.

FOGAÇA, A. C. C. Geologia da Folha Diamantina. In: GROSSI-SAD, J. H. *et al.* (Eds). **Projeto Espinhaço em Cd-Rom** (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte: COMIG- Companhia Mineradora de Minas Gerais, v. 16, p. 1575-1665. 1997.

FONSECA, S. F.; SILVA, A. C.; SENNA, J. A. Técnicas de geoprocessamento aplicadas na identificação de usos da terra no entorno das turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional. **Ra'e Ga**, Curitiba, v. 43, p. 124-139. 2018.

FOX, N. *et al.* Incorporating geodiversity in ecosystem service decisions. **Ecosystems and People**, v. 16, n. 1, p. 151-159, 2020.

FRANÇA, L. C. J. *et al.* Delimitação automática e quantificação das Áreas de Preservação Permanente de encosta para o município de Diamantina, Minas Gerais, Brasil. **Revista Espinhaço**, v. 7, n. 2, p. 60-71. 2018.

GRAY, M. Geodiversity, geoheritage and geoconservation for society. **International Journal of Geoheritage and Parks**, v. 7, n. 4, p. 226-236, 2019.

GRAY, M. Other nature: geodiversity and geosystem services. **Environmental Conservation**, v. 38, n. 3, p. 271-274. 2011.

HORAK-TERRA, I. *et al.* Characterization of properties and main processes related to the genesis and evolution of tropical mountain mires from Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brazil. **Geoderma**, v. 232, p. 183-197, 2014.

HORAK-TERRA, I. *et al.* Holocene climate change in central–eastern Brazil reconstructed using pollen and geochemical records of Pau de Fruta mire (Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 437, p. 117-131, 2015.

HORN, A. H. *et al.* The salitre cave karst in the quartzite rocks of Diamantina, Minas Gerais, Brazil. **Romanian Journal of Mineral Deposits, Bucharest: Geological Institute of Romania**, n. 2, v. 85, p. 16-22, 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e estados**. Dados de 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/diamantina.html>. Acesso em: 14 mar. 2023.

ISNARDIS, A. Entre as Pedras As ocupações pré-históricas recentes e os grafismos rupestres da região de Diamantina, Minas Gerais. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, p. 5-194, 2009.

MOTTA NETO, J. A. Patrimônio Geomineiro em Diamantina (MG). **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 1, p. 70-83, 2018.

MOURA, V.; ALT, L. Caves and Public Use in the Southern Espinhaço Mountain Range, Brazil. In: NATIONAL CAVE AND KARST MANAGEMENT SYMPOSIUM, 21, 2015, Kentucky, EUA. **Program and Abstracts: 21st National Cave and Karst Management Symposium**, Kentucky: WKU, 2015. p. 92-95.

MUCIDA, D. P. *et al.* A degradação ambiental em narrativas de naturalistas do século XIX para a reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 57, p.465-495, 2019.

MUCIDA, D. P. *et al.* Narrando a paisagem do século XIX aos dias atuais: geodiversidade e biodiversidade do Espinhaço. **Regnellea Scientia**, v. 7, n. 4, p. 139-161, 2021.

MUCIVUNA, V. C.; GARCIA, M. G. M.; DEL LAMA, E. A. Inventário e avaliação quantitativa do patrimônio geológico de Bertioxa (SP, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, v. 44, n. 2, p. 293-321, 2017.

NASCIMENTO, M. A. L.; RUCHKYS, U.; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo**: trinômio importante para a conservação do patrimônio geológico. Rio de Janeiro: edição SBGeo, 2008. 93p.

RAYEL, R. S.; GUIMARÃES, S. T. L. A valoração das paisagens protegidas de Diamantina (MG): premissa para o turismo cultural. **Caderno de Geografia**, v. 22, n. 38, p. 1-13, 2012.

SAADI A. A. Geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. **Geonomos**, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995.

SILVA, A. C. *et al.* Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – MG: influência da drenagem na composição elementar e substâncias húmicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1399- 1408, 2009a.

SILVA, A. C. *et al.* Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – MG: Caracterização e classificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1385-1398, 2009b.

SOUZA, F. C. R., SALGADO, A. A. R. Levantamento de lineamentos estruturais associados a cavidades em quartzito na região Sudeste de Diamantina/MG. **Revista Geonorte**, n. 1, v. 10, p. 161-166, 2014.

SOUZA, F. C. R., SALGADO, A. A. R. Análise qualitativa da composição química de espeleotemas precipitados em cavidades em rochas siliciclásticas na região sudeste de Diamantina /mg. **Revista Geografias**, n. 1, v. 11, p. 60-83, 2015.

TEEB - THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY. **A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade para Formuladores de Políticas Locais e Regionais**. 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/143-economiados-ecossistemas-e-da-biodiversidade>. Acesso em: 5 abr. 2023.

TSCHUDI, J. J. V. **Viagens através da América do Sul**. Belo Horizonte: Coleção Mineiriana, Fundação João Pinheiro, 2006. 341p.

VAN REE, C. D. F.; VAN BEUKERING, P. J. H. Geosystem services: A concept in support of sustainable development of the subsurface. **Ecosystem Services**, v. 20, p. 30-36, 2016.

VAN REE, C. D. F.; VAN BEUKERING, P. J. H.; BOEKESTIJN, J. Geosystem services: A hidden link in ecosystem management. **Ecosystem Services**, v. 26, p. 58-69. 2017.