

GEODIVERSIDADE E GEOCONSERVAÇÃO NA REGIÃO DA CALDEIRA VULCÂNICA DE POÇOS DE CALDAS (MG), BRASIL

Diego de Souza Sardinha¹

Letícia Hirata Godoy¹

RESUMO

A caldeira vulcânica de Poços de Caldas (MG), Brasil apresenta um patrimônio geológico formado por gnaisses, granulitos e rochas alcalinas do Proterozóico (2,5 Ga a 542 Ma), rochas sedimentares do Carbonífero ao Permiano (359-251 Ma) e rochas alcalinas do Cretáceo Médio ao Superior ao Paleógeno (83-65,5 Ma). Em cada um dos 59 atrativos analisados foi elaborado um questionário específico de acordo com os indicadores apropriados que permitiram determinar a qualidade ambiental de cada ponto. A falta de cobertura vegetal, grande quantidade de lixo e inscrições em rochas, foram os principais impactos observados nos atrativos avaliados. Dentre as estratégias de manejo sugeridas, destacam-se aquelas relacionadas ao cumprimento de legislações ambientais, recuperação de áreas degradadas e planejamento da exploração sustentável dos recursos naturais. Além de definir as estratégias de manejo e monitoramento dos indicadores de impacto ambiental, o presente trabalho serve de base para que as atividades do potencial Geoparque da caldeira vulcânica de Poços de Caldas (MG) sejam realizadas com geoconservação.

Palavras-chave: Análise Fisiográfica; Geoturismo; Diagnóstico Ambiental; Responsabilidade Ambiental.

ABSTRACT

Geodiversity and geoconservation of the Poços de Caldas (MG) volcanic caldera region, Brazil. The Poços de Caldas volcanic caldera presents a geological heritage formed by gneiss, granulites and alkaline rocks of the Proterozoic (2,5 Ga a 542 Ma), sedimentary rocks from Carboniferous to Permian (359-251 Ma), and alkaline rocks from the Middle and Upper Cretaceous to Paleogene (83-65,5 Ma). In each 59 analyzed attractive a specific questionnaire was elaborated in accordance with the appropriate pointers that allowed to determinate environmental quality of each point. Loss vegetation cover, garbage and rocks inscriptions, were the main impacts observed in the evaluated attractive. Among the management strategies suggested, it is possible to highlight that related to the accomplishment of environmental legislation, recuperation of degraded areas recuperation and sustainable planning for natural resources. In addition to setting the management strategies and monitoring the environmental impact indicators, this work provides the basis so that activities in the potential Geopark of Poços de Caldas volcanic caldera (MG), Brazil can be conducted with geoconservation.

Keywords: Physiographical Analysis; Geotourism; Environmental Diagnosis; Environmental Responsibility

INTRODUÇÃO

O patrimônio geológico é definido como o conjunto de geossítios de uma determinada região, ou seja, um conjunto de locais delimitados geograficamente, onde ocorre um ou mais elementos da

¹ PPG em Ciências Ambientais, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Alfenas – Unifal, Campus de Poços de Caldas, MG, Brasil. E-mail para correspondência: diego.sardinha@unifal-mg.edu.br

geodiversidade com singular valor do ponto de vista científico, pedagógico, cultural e turístico (Brilha, 2005). Segundo Machado e Silva (2010), o conhecimento da geodiversidade nos leva a identificar, de maneira mais segura, as aptidões e restrições de uso do meio físico de uma área, bem como os impactos advindos de seu uso inadequado.

A geoconservação tem como objetivo conservar a diversidade natural de significativos aspectos e processos geológicos, geomorfológicos e de solos, garantindo a manutenção da história de sua evolução (Gray, 2004). Além disso, deve ser impulsionada pela necessidade de se conservar a geodiversidade, dado o seu valor e as suas ameaças reais devido à falta de proteção e gestão (Jorge e Guerra, 2016). Segundo Brilha (2005), os desafios da geoconservação, incluem o envolvimento da comunidade, a definição de uma estratégia de geoconservação, integrando a parte científica de divulgação e geoturismo, a integração de políticas de conservação da natureza, ordenamento do território, educação e envolvimento de empresas.

A caldeira vulcânica de Poços de Caldas é um dos maiores complexos magmáticos alcalinos elípticos do mundo, com cerca de 30 km de diâmetro e 800 km² de área (Schorscher e Shea, 1992; Valetton et al., 1997). A ocorrência está localizada na região sudoeste do estado de Minas Gerais e apresenta um patrimônio natural singular, pois se localiza num contexto geológico e geomorfológico muito diversificado. O entorno da caldeira vulcânica reserva paisagens dotadas de rios, cachoeiras, grutas, planaltos, montanhas, campos e vales onde também se destacam suas fontes hidrotermais.

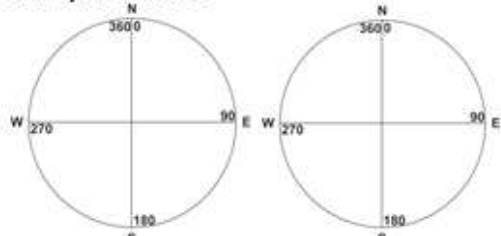
O inventário da geodiversidade de um local e a seleção de sítios representativos da sua história geológica são os primeiros passos para a determinação do patrimônio geológico, que por sua vez formará a base para a geoconservação e o geoturismo (Nascimento et al., 2007). Com isso, o objetivo deste trabalho consiste em caracterizar a geodiversidade, selecionar potenciais atrativos geoturísticos e verificar os impactos ambientais destes geossítios na região da caldeira vulcânica de Poços de Caldas. Os conhecimentos gerados podem fornecer subsídios para o planejamento da exploração geoturística com geoconservação, garantindo a manutenção da história evolutiva deste importante patrimônio geológico localizado no estado de Minas Gerais.

MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem metodológica iniciou-se pelo levantamento de informações sobre o uso atual dos potenciais atrativos geoturísticos nos municípios de Águas da Prata (SP), Andradas (MG), Caldas (MG) e Poços de Caldas (MG). Posteriormente, foi elaborada e aplicada uma planilha de campo (Tabela 1) com as características geológicas (tipo de afloramento, condições, descrição, litologia, composição, trama, cor, estruturas) e pedológicas (cor, textura, estruturas, consistência). Foram identificados e descritos 59 potenciais atrativos geoturísticos, com a tomada de coordenadas geográficas (GPS Garmin e Trex Vista HCx) e direção e rumo (Bússola Brunton Geo Pocket Transit). A origem e evolução do local (gênese da paisagem), o acesso ao público e possíveis associações com as atividades de ecoturismo foram os principais critérios utilizados para a escolha dos 59 potenciais atrativos geoturísticos: 16 cachoeiras (Ch); 16 cortes de estrada (Cr); 12 morros (Mo); 01 gruta (Gr1); 14 fontes de água (Fo).

Para avaliação e quantificação dos impactos ambientais foi utilizado o Método Visitor Impact Management - VIM (Graefe et al., 1990; Magro, 1999; Freixêdas-Vieira et al., 2000; Magro, 2001; Sardinha et al., 2007; Zanfelice et al., 2009; Godoy et al., 2013). O método identifica as relações entre os principais indicadores de impactos ambientais, assim como os padrões de uso das visitas dos potenciais atrativos geoturísticos. Para isso, foram selecionados indicadores para uma análise qualitativa e quantitativa para cada tipologia de atrativo, (cobertura vegetal, fauna, lixo, impactos sonoros, odor, óleos, espumas, etc.), buscando a identificação de problemas relevantes, assim como os fatores que possam refletir os impactos nos diferentes ambientes naturais analisados.

Tabela 1. Questionário aplicado em campo para o levantamento da geodiversidade.

DATA:		PONTO:	
COORDENADAS:		ALTITUDE:	
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS			
DIREÇÃO E RUMO		MEDIDAS ESTRUTURAIS	
		<i>Juntas:</i> <i>Falhas:</i> <i>Lineações min () estir () slickensides ():</i> <i>Foliação:</i> <i>Dobra:</i>	
TIPO	Pedreira () – Mina () – Corte de rodo/ferro () – Cachoeira () – Blocos () – Leito rio () – Paredão () – Voçorocas () – Lajedo/Crista ()		
CONDIÇÕES	% Rocha sã () – % Intemperizada () – % Solum ()		
LITOLOGIA	Argilito () – Siltito () – Arenito () – Conglomerado () – Diamictito () Basalto () – Diabásio () – Tinguaito () – Foiaito () – Chibinito () – Sienito () Hornfels () – Filito () – Xisto () – Gnaisse () – Anfibolito () – Migmatito () – Granulito ()		
COMPOSIÇÃO	Qz () – FK () – Pl () – Ftóide () – Mica () – Px () – Anf ()		
ESTRUTURA	Maciço () – Lamin. ()/Estratif. () – PP ()/Cruzada ()/Acanalada ()/Gradacional () Compacta () – Fluidal () – Vesicular () – Xenolítico () – Amigdaloidal () Maciço () – Foliado () – Xistoso () – Bandado () – Clivagem ()		
TEXTURA	Seleção b()m()a() – Arredondamento b()m()a() – Matriz () – Cimentação () Fanerítico () – Subfan. () – Afanítico ()/Equigr. () – Inequigr. () – Porfir. () – Vitrofir. () Granoblástico () – Lepidoblástico () – Nematoblástico () – Porfiroblástico ()		
COR	Branco () – Azulado () – Esverdeado () – Acinzentado () – Preto () – Róseo () – Alaranjado () – Avermelhado () – Amarelo ()		
CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS			
COR	Escura () – Clara () – Vermelha () – Acinzentada () – Amarela () – Mosqueada ()		
TEXTURA	Areia = sensação aspereza, não plástico, não pegajoso () Silte = sensação sedosidade, plástico, não pegajoso () Argila = sensação sedosidade, plástico, pegajoso ()	OUTROS ASPECTOS: Cutans () Nódulo () Laterita () Cascalheira () Concreção () Carvão () Raízes ()	
ESTRUTURA	Granular = forma for de esferas, maior das faces for arredondada () Angular/sub = dimensões horiz. próx. verticais faces planas ou quase () Laminar = faces aspecto plano, dimensões horiz. excedem verticais () Prismática = dimensões verticais < horiz. quando faces são planas () Colunar = alongado na vertical, com a face superior arredondada ()		
CONSISTÊNCIA	Molhado = plasticidade e pegajosidade () Umido = friabilidade, friável, firme ou muito firme () Seco = dureza ou tenacidade, solto, macio, duro ou muito duro ()		
CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DO AFLORAMENTO			
Cidade:	Desenho esquemático do afloramento		
Bairro:			
Acesso:			
Trilha:			
Vegetação:			
Uso do Solo:			
Interferências antrópicas:			
Outras observações:			

A partir disso, foi criado um índice de análise ambiental simplificado (Tabela 2), com pesos para os impactos ambientais que possam afetar o recurso geoturístico em diversos graus de intensidade. Após o preenchimento (Tabela 2) foram somados os pontos de cada questão para cada potencial atrativo: atrativo cachoeiras (Ch) = 48 a 37 pontos com mínimo ou pouco impacto, de 36 a 25, moderada presença de impacto, de 24 a 13 pontos, impacto alto ou preocupante, e menor ou igual a 12, impacto muito alto; atrativo morros (Mo), cortes (Cr) e fontes (Fo) = 24 a 19 pontos com mínimo ou pouco impacto, de 18 a 13, moderada presença de impacto, de 12 a 7 pontos, impacto alto ou preocupante, e menor ou igual a 6, impacto muito alto; atrativo gruta (Gr) = 30 a 22 pontos com mínimo ou pouco impacto, de 21 a 16, moderada presença de impacto, de 15 a 8 pontos, impacto alto ou preocupante, e menor ou igual a 7, impacto muito alto.

Tabela 2. Questionário aplicado em campo para o levantamento da geoconservação. Adaptado de: Sardinha et al. (2007) e Godoy et al. (2013).

INDICADORES BIOFISICOS		INDICADORES BIOFISICOS	
Cobertura vegetal no entorno	PESO	Lixo no recurso	PESO
Sem vegetação	0	Muito lixo	0
Com vegetação rasteira	1	Pouco lixo	1
Com vegetação arbustiva	2	Lixo em latões	2
Com vegetação arbórea	3	Sem lixo	3
Impactos na cobertura vegetal		Impactos sonoros	
Muito impacto (sem vegetação)	0	Grande	0
Médio impacto (- de 50% de vegetação)	1	Média	1
Pouco impacto (+ de 50% de vegetação)	2	Pequena	2
Sem impacto	3	Ausente	3
Fauna do entorno		Turbidez da água	
Ausência de animais nativos	0	Muito alta	0
Pouca presença de animais nativos	1	Alta	1
Moderada presença de animais nativos	2	Baixa	2
Grande presença de animais nativos	3	Ausente	3
Impactos na fauna		Odor	
Mudança de comportamento dos animais	0	Muito forte	0
Mudança em mais de 50% dos animais	1	Forte	1
Mudança em menos de 50% dos animais	2	Fraco	2
Sem mudança de comportamento animal	3	Ausente	3
Impactos na qualidade da água		Óleos	
Muita presença de poluição	0	Muito alto	0
Moderada presença de poluição	1	alto	1
Pouca presença de poluição	2	Baixo	2
Sem impacto na qualidade	3	Ausente	3
Tipo de risco associado		Espumas	
Acidente com ferimento fatal	0	Muito alta	0
Acidente com ferimento traumático	1	Alta	1
Acidente com ferimento leve	2	Baixa	2
Sem risco associado	3	Ausente	3
Danos ao recurso		Algas/Clorofila	
Vandalismo	0	Muito alto	0
Danos no entorno	1	Alto	1
Inscrições em rocha e na vegetação	2	Baixo	2
Sem danos	3	Ausente	3
Saneamento		Larvas vermelhas	
Fossa e/ou esgoto	0	Muito alta	0
Dejetos ou urina	1	Alta	1
Entulhos lixo	2	Baixa	2
Ausente	3	Ausente	3

Após a etapa de campo (Tabelas 1 e 2), foram avaliadas as possíveis causas dos impactos ambientais observados, com o intuito de estabelecer estratégias de manejo para os potenciais atrativos geoturísticos, sendo para isto adotado o modelo de Pressão-Estado-Resposta (OECD, 1994). Esse modelo baseia-se em três frentes: a pressão do homem, o estado do meio e a resposta da sociedade, servindo para identificar as prováveis causas dos impactos ambientais e definir as estratégias de manejo. Por fim, foi abordado o monitoramento dos indicadores de impacto, fornecendo os dados para uma avaliação contínua de ações de manejo a serem implantadas nos potenciais atrativos geoturísticos da caldeira vulcânica de Poços de Caldas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geodiversidade da Caldeira Vulcânica de Poços de Caldas (MG)

A caldeira vulcânica de Poços de Caldas está localizada na região Sudoeste do estado de Minas Gerais (Figura 1). A área está inserida no contexto das províncias Mantiqueira e Tocantins, e as rochas do embasamento (Pré-Cambriano) são denominadas de Complexo Guaxupé definidas por Wernick e Artur (1983), e compreendem rochas gnáissicas, migmatíticas, anfibolíticas a granulíticas de idades variáveis entre 630 Ma a 610 Ma (CPRM, 1979). Na região oeste de Poços de Caldas, entre os bairros Cascata, São Roque da Fartura e o município de São Sebastião da Gramma, Morales (1988) também descreveu a ocorrência de gnaisses granulíticos de granulação média a grossa e gnaisses ocelares.

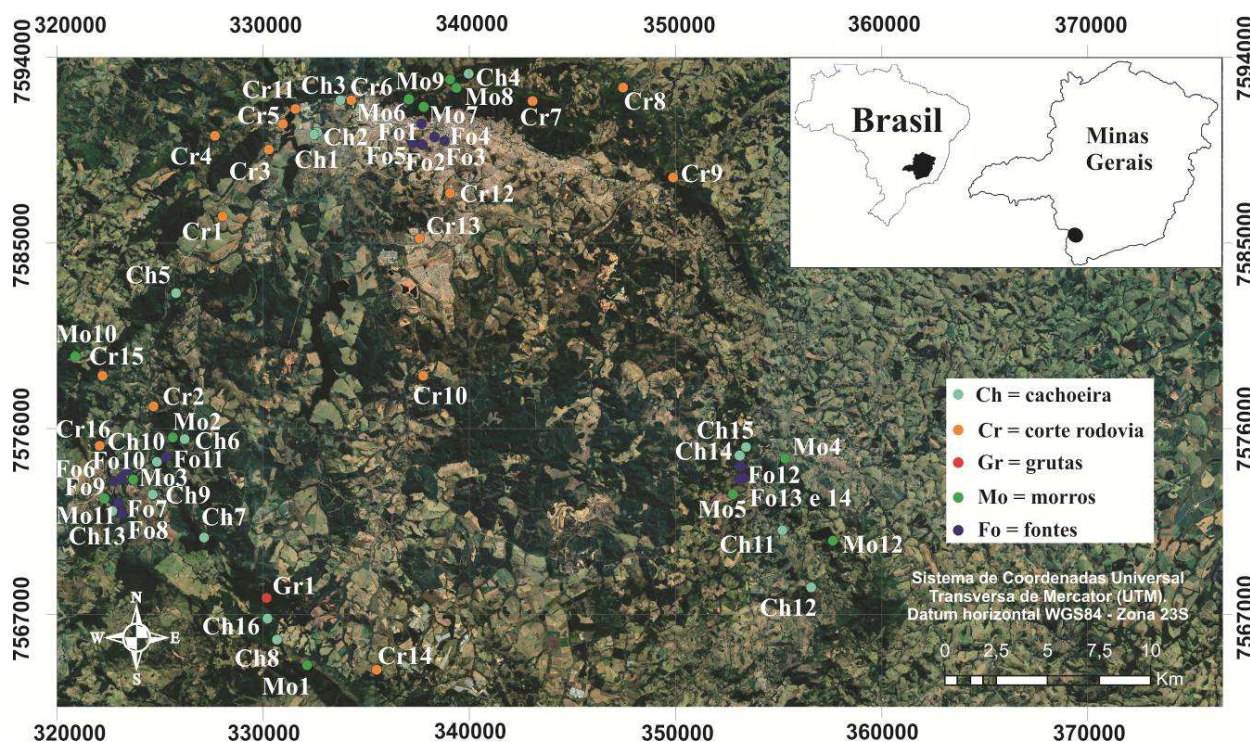


Figura 1. Caldeira vulcânica de Poços de Caldas (MG) com os potenciais atrativos geoturísticos avaliados neste trabalho. Cachoeira = Ch; Cortes de rodovia/estradas = Cr; Morros = Mo; Grutas = Gr; Fontes = Fo. Fonte: Imagem Digital Globe, 30/12/2014 (Google Earth, 2014).

As rochas do Complexo Guaxupé descritas neste estudo e que afloram no Planalto do Maciço Cristalino, na borda nordeste (Cr8) está localizado a 986 metros de altitude, onde é possível identificar um manto de alteração, em corte de estrada, de aproximadamente 2,5 m de altura por 5,0 m de comprimento, com matriz argilosa a muito argilosa de coloração avermelhada e estrutura subarredondada, que suporta raízes, seixos de tinguaito, chibinito, bauxita e laterita, transportados do Dique Anelar e depositados sobre este manto de alteração, cuja base é formada por gnaisses alterados a pouco alterados com grãos de quartzo em cima de prismas de solos.

No atrativo Cr4, localizado na estrada vicinal de São Sebastião da Grama a 1052 m de altitude, encontram-se gnaisses granulíticos bandados, com bandas escuras e claras alternadas. As rochas apresentam regularidade na espessura das bandas, com predomínio de porções mais claras, cinzentas e às vezes róseas. Neste local, também afloram gnaisses granulíticos sistematicamente invadidos por rochas ígneas discordantes da foliação principal, talvez posteriores ao soerguimento da caldeira vulcânica. Nas margens da estrada vicinal, próximo à Fazenda Irarema e ao atrativo Cr4, também é possível observar afloramentos com fraturamentos intensos, verticais e horizontais, desenvolvendo brechas além de cataclasitos quartzo-feldspáticos de granulometria fina.

Na borda sul-oriental, o maciço de Poços de Caldas invade uma interessante ocorrência de rochas sieníticas subalcalinas a levemente alcalinas, o chamado maciço sienítico de Pedra Branca (Ulbrich, 1984). O sienito Pedra Branca é corresponde a um maciço intrusivo Neoproterozóico que ocorre em uma área de relevo destacado (Janasi, 1996). Segundo Janasi (1992), o maciço Pedra Branca sustenta uma serra que atinge cotas de até 1700 m, cujas rochas sieníticas possuem feldspatos alcalinos tabulares com elevadas proporções de finas lamelas.

Em uma área de relevo destacado, as cachoeiras Antônio Monteiro (Ch11 – Figura 2a) e Duendes (Ch12), são formados por cristais tabulares de feldspatos alcalinos, e piroxênios, anfibólios e “biotita”, que dão uma coloração marrom-arroxeadada, preta e rósea às rochas, com textura inequigranular média a grossa. Ambas as quedas possuem a mesma direção de quebra, sentido NW-SE, diversos blocos e matacões, marmitas, solos rasos e ricos em fragmentos de feldspato também podem ser observados neste atrativo.

O atrativo Bacião (Ch14) trata-se de uma piscina natural no rio Verde, com uma pequena queda d'água e diversos blocos, matacões e marmitas dispersos aleatoriamente. No atrativo Areião (Ch15) há um depósito de sedimentos e seixos de tamanhos variados, formando uma pequena praia nas margens do rio. Estes processos estão relacionados à erosão (*cut bank*) e deposição (*point bar*) em um meandro do rio Verde. O morro do Coração (Mo4), localizado a 1476 metros de altitude, possui afloramentos de rochas formadas por cristais tabulares idiomórficos, de coloração marrom-arroxeadada, preta e rósea, com textura média a grossa. A vista do local é propícia para observar o planalto de São Pedro de Caldas, escarpas com feições tipo facetas trapezoidais, cristas que se destacam dos relevos mamelonares rebaixados e de topos convexos, assim como a ocorrência de matacões nas encostas dos relevos.

No atrativo morro do Galo (Mo5) observa-se um vale em U aberto, com uma colina ao meio dividindo a drenagem do rio Verde, e, ao fundo a Serra da Pedra Branca (Mo12), onde se encontram as principais nascentes desta bacia hidrográfica. A serra possui uma forma alongada, com topos agudos de onde também é

possível observar o planalto de São Pedro de Caldas. Na base da Serra da Pedra Branca (Mo12) há um campo de *boulders*, com aparência de um depósito de tálus, orientados no sentido E-W (Figura 2b).

As rochas sedimentares existentes em Águas da Prata, Poços de Caldas e sul de Minas Gerais são as da Formação Aquidauana (Província Paraná) (Soares e Landim, 1973). Segundo Morales (1988), dentro dos limites do maciço alcalino de Poços de Caldas ocorrem arenitos da Formação Botucatu, sobrepondo no local os sedimentos da Formação Aquidauana, sendo que, na região entre Poços de Caldas e São Roque da Fartura existem pacotes de sedimentos clásticos, conglomeráticos na base e finos no topo.

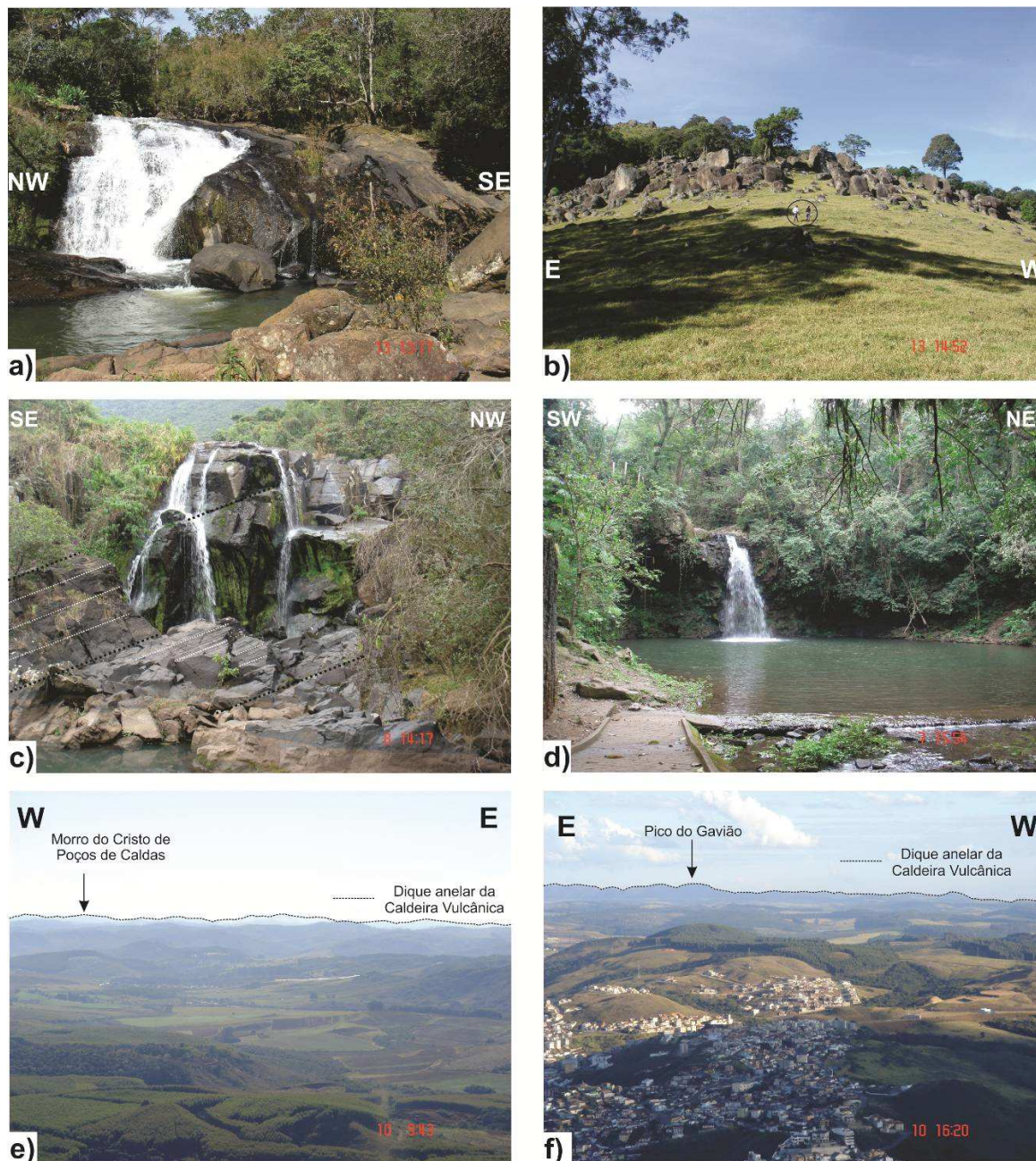


Figura 2. (a) Cachoeira Antonio Monteiro com queda de aproximadamente quatro metros (Ch11). (b) Campo de boulders orientados na base da Pedra Branca (Mo12). (c) Cachoeira Vêu das Noivas (Ch2) arenitos com estratificação plano-paralela e estratos inclinados. (d) Cachoeira Cascatinha (Ch9) grandes blocos de arenitos silicificados. (e) Pico do Gavião (Mo1) com vista ao maciço alcalino interno e Poços de Caldas. (f) Morro do Cristo de Poços de Caldas com vista ao maciço alcalino interno e Pico do Gavião (Mo7).

As rochas sedimentares que afloram na área de estudo se encontram distribuídas em contato com o embasamento em São Roque da Fartura, sentido borda leste da Bacia do Paraná em Águas da Prata, e, em contato com magmas alcalinos em Poços de Caldas. A cachoeira Lua de Mel (Ch1), com queda de aproximadamente 1,5 m e direção E-W, apresenta grande quantidade de blocos de arenitos silicificados, provavelmente afetados por metamorfismo de contato, conforme identificados em campo. Na cachoeira Véu das Noivas (Ch2) de aproximadamente 7,0 m, também afloram arenitos silicificados, com grau elevado de dureza e fraturas verticais e horizontais. A estratificação desses arenitos é predominantemente maciça e plano-paralela com camadas centimétricas. Estas rochas sedimentares encontram-se, na maioria das vezes, com estratos inclinados e mergulhos variáveis, quase nunca superiores a 30° (Figura 2c).

Localizada na região sudoeste da caldeira vulcânica, a cachoeira Cascatinha (Ch9) conta com duas quedas, a primeira de aproximadamente 3,0 m e a segunda com aproximadamente 15,0 m, com grandes e profundas marmitas e blocos de arenitos (Figura 2d). Na piscina do Boi (Ch13), é possível observar arenitos maciços com estruturas sedimentares preservadas, estratificações cruzadas, planos curvos e com aspecto acanalado. Já o atrativo Morro do Cristo de Águas da Prata (Mo11) fornece a vista de um vale em U fechado, a Garganta do Diabo (Mo3), formado por arenitos interestratificados com um grande depósito de tálus as margens da rodovia SP-342. As rochas são maciças, com estratificação plano-paralela às vezes cruzada, espessuras desde milimétricas até centimétricas. Os siltitos destacam-se pela cor avermelhado-arroxeadas, enquanto os arenitos são esbranquiçados ou amarelados e raramente avermelhados.

Na estrada vicinal Águas da Prata a São Roque da Fartura (Cr15), ao longo do trecho do Dique Anelar, observa-se grande quantidade de seixos rolados da Serra do Mirante (Mo10), formando extensos depósitos de colúvios. A Serra do Mirante (Mo10) possui forma de mesa, tratando-se de um remanescente de uma antiga superfície cujos terrenos ao redor foram escavados e erodidos. No atrativo é possível encontrar lentes de arenito com uma granulometria fina, coloração creme e estrutura maciça. Neste mesmo ponto, encontram-se arenitos médios a grossos e conglomerados, com a presença de seixos angulosos a subangulosos que variam desde milimétricos até centimétricos e composição variada.

A intrusão alcalina que deu origem a caldeira vulcânica de Poços de Caldas, segundo Schorscher e Shea (1992), surgiu a partir da abertura continental, entre 145 a 125 Ma, e o magmatismo alcalino na crosta continental ocorreu entre 140 a 50 Ma, estendendo-se para as ilhas oceânicas da costa brasileira. As idades da intrusão alcalina variam entre aproximadamente 53 a 84 Ma (Ulbrich et al., 2002). De acordo com Ellert (1959), a litologia é formada por rochas alcalinas efusivas, tufos, rochas piroclásticas e fonólitos, rochas hipoabissais tinguaitos, e, rochas plutônicas que correspondem aos foiaítos, lujauritos e chibinitos.

Segundo Chapman et al. (1991), blocos, brechas e tufos que afloram no vale do Quartel são resultados de restos preservados do vulcanismo inicial que representam, juntamente com fonólitos amigdalóides, uma parte da antiga superestrutura da caldeira vulcânica de Poços de Caldas. No entanto, Ulbrich et al. (2002) descrevem que os depósitos do vale do Quartel representam, pelo menos em parte, o produto de eventos piroclásticos mais jovens, combinados com a erupção superficial de lavas.

Os tufos vulcânicos e brechas que afloram no planalto do Maciço Alcalino Interno da caldeira apresentam feições associadas a eventos piroclásticos, como no atrativo Cr1 formado por partículas muito finas a vítreas. Neste local, também é possível identificar brechas caóticas maciças, com fragmentos

angulosos de tamanhos extremamente variados, envolvidas por uma matriz cinza fina. No atrativo Cr2, corte de rodovia da BR 267, é possível identificar brechas e falhas horizontais, com fragmentos angulares a subangulares (vítreos a cristalinos), rodeados concentricamente por material muito fino de coloração cinza. Este mesmo litótipo aflora na cachoeira Marco Divisório (Ch5), com aproximadamente 30 m e direção NE-SW.

A gruta do Índio está situada na cidade de Águas da Prata (SP), mais precisamente na estrada vicinal para Andradas (MG). Na estrada de acesso ao atrativo, observam-se contatos entre blocos muito duros e alterados, de coloração avermelhada a rósea, com rochas maciças de coloração cinza-escuro. As rochas aparecerem, ora porosas, ora muito maciças, com marmitas de tamanhos variados. As cachoeiras Índia (Ch8) e Ponte de Pedra (Ch16) possuem as mesmas características dos afloramentos encontrados na gruta do Índio (Gr1). A cachoeira da Índia possui uma queda de aproximadamente 5 m e direção NW-SE. Os locais apresentam grandes quantidades de marmitas, além de matacões e seixos rolados.

Os fonólitos são rochas com textura porfirítica a afanítica, e os tinguaitos, rochas com texturas granulares ou sacaróides (Almeida Filho e Paradella, 1976). Os foiaítos são rochas de granulação grosseira a média, preferencialmente, enquanto que os lujauritos e chibinitos são caracterizados por granulação grossa e ricos em eudialita, ambos são diferenciados apenas pela textura, pois os minerais presentes no lujaurito apresentam-se alongados e orientados paralelamente a si mesmos (Almeida Filho e Paradella, 1976).

O tinguaito corresponde a maior parte das rochas expostas no Complexo Alcalino de Poços de Caldas, ocorrendo na maioria dos afloramentos, com coloração acinzentada, sendo observáveis amígdalas e vênulas em algumas amostras, conforme observações de campo. Como destaque, a cachoeira Coqueiro Torto (Ch7) possui duas quedas, a primeira com aproximadamente 3 m, onde se encontra “um coqueiro torto” que originou seu nome, e a segunda queda com 20 m de altura e direção NE-SW.

A cachoeira Paiol (Ch10) possui uma queda de aproximadamente 2 m, com planos de quebra direção NE-SW, próxima ao contato entre rochas sedimentares e os tinguaitos. Os afloramentos Cr5 e Cr14 apresentam tinguaitos (coloração acinzentada com vênulas) e fonólitos (coloração cinza-escuro e textura inequigranular), ambos alterando para um solo de coloração cinza-arroxeadada e manchas limonitizadas de cor laranja a ocre.

Os pontos Pico do Gavião (Mo1), Rampa de Vôo Livre (Mo6) e Cristo de Poços de Caldas (Mo7) representam feições geomorfológicas da paisagem. Nos pontos Mo1 (Figura 2e) e Mo7 (Figura 2f) é possível observar todo o Dique Anelar da caldeira vulcânica e o planalto do Maciço Alcalino interno. Além disso, nos pontos Mo6 e Mo1 também há vista para as feições geomorfológicas do Planalto Sul de Minas, Complexo Guaxupé e Depressão Periférica Paulista na Bacia do Paraná, respectivamente.

No Dique Anelar, borda nordeste da caldeira vulcânica, a cachoeira das Antas (Ch3) possui uma queda de aproximadamente 40 m com trilha que leva às ruínas da casa de máquinas de uma antiga usina hidroelétrica que ali funcionou. A cachoeira Sete Quedas (Ch6), de aproximadamente 15 m, está localizada na borda sudoeste da caldeira vulcânica. A cachoeira Pedra Balão (Ch4), com aproximadamente 10 m de altura e uma direção S-N, é constituída de foiaítos maciços de coloração acinzentada, textura inequigranular e cristais brancos e pretos que correspondem a feldspatos e piroxênio/anfibólio/mica, respectivamente.

Nos afloramentos de cortes de estradas (Cr6), (Cr7), (Cr9), (Cr10), (Cr11), (Cr12) e (Cr13) é possível observar litótipos acinzentados a cinza-esverdeados de nefelina sienitos com textura inequigranular, granulação fina a grossa e com cristais tabulares de feldspatos potássicos. Estas rochas, quando alteradas, apresentam aspecto argiloso devido à intensa caulinição dos mesmos. Nestes afloramentos, destaca-se o ponto Cr12, onde ocorrem sienitos, com diques pegmatíticos.

A Pedra Balão (Mo8) é formada por um campo de *boulders* alinhados em uma faixa de direção SW-NE. Os blocos são formados por rochas alcalinas lujaunitos/chibinitos composto por feldspatos alcalinos que dão uma textura inequigranular porfirítica grossa. Marmitas e esfoliações esferoidais também fazem parte do conjunto de *boulders*. O afloramento foi formado, provavelmente, por erosão diferencial através do desgaste desigual dos corpos rochosos, sendo os menos resistentes deprimidos e os mais resistentes realçados na topografia. Próximo a Pedra Balão, encontra-se o Morro do Dedo de Deus (Mo9), formado por sienito com abundante nefelina, feldspato potássico e “hornblenda”. O visual também possibilita identificar os processos da dinâmica superficial, onde blocos alterados do Dique Anelar formam um depósito de tálus na encosta do morro.

Geoconservação da Caldeira Vulcânica de Poços de Caldas (MG)

A tabela 3 apresenta as porcentagens dos indicadores biofísicos de impactos avaliados conforme o tipo/grupo do potencial atrativo geoturístico. Os resultados indicaram os atrativos que apresentaram presença muito alta de impacto ambiental. No afloramento (Ch13) Piscina do Boi, a falta de cobertura vegetal, lixo no recurso, saneamento, odor, óleos e espumas fazem parte da paisagem de acordo com observações em campo (Figura 3a). No afloramento Morro do Dedo de Deus (Mo9), fauna, lixo e grande quantidade de inscrições em rochas foram observados neste atrativo (Figura 3b). Nos afloramentos (Cr3 e Cr9), os principais impactos observados foram grande quantidade de lixo (latas de alumínio, embalagens e restos de alimentos), ausência de saneamento (presença de excrementos), queda de blocos e falta de cobertura vegetal.

No afloramento (Cr12) (nefelina sienitos com muitas fraturas), muito lixo (embalagens de plástico, vidro e restos de alimentos) e queda de blocos, além de poluição sonora pelo movimento de automóveis, foram os principais impactos ambientais verificados (Figura 3c). No afloramento (Mo10) Morro do Mirante, localizado na divisa dos municípios de Águas da Prata (SP), São João da Boa Vista (SP) e Poços de Caldas (MG), foi possível verificar a falta de cobertura vegetal, aparente ausência de fauna, grande quantidade de lixo e inscrições em rochas, além de possíveis riscos associados à queda de blocos (Figura 3d).

Neste sentido, os afloramentos (Ch13) Piscina do Boi, Morro do Dedo de Deus (Mo9), BR267 (Cr3 e Cr9), avenida vereador Edmundo Cardilo (Cr12) e Morro do Mirante (Mo10) devem ter a identificação das causas prováveis dos impactos e estratégias de manejo, segundo o método Visual Impact Management (VIM). Após a realização destas etapas, estes pontos devem ser monitorados. Para os demais atrativos descritos e analisados, a fase de monitoramento ambiental (geoconservação) deveria estar sendo realizada, proporcionando um controle eficaz dos recursos naturais que podem ser utilizados como potenciais atrativos geoturísticos (geodiversidade).

Tabela 3. Percentual de impacto dos grupos de atrativos geoturísticos que apresentam indicadores biofísicos dos pontos analisados.

Indicador biofísico	Cobertura vegetal no entorno				Impactos na cobertura vegetal				Fauna no entorno				Impactos na fauna				Impactos na qualidade da água				Tipo de risco associado			
Fator de atribuição de peso	Sem vegetação Com vegetação rasteira Com vegetação arbustiva Com vegetação arborea				Muito impacto Médio impacto (< 50%) Pouco impacto (> 50%) Sem impacto				Ausência Pouca presença Moderada presença Grande presença				Mudança Mudança em + 50% Mudança em - 50% Sem mudança				Muita presença Moderada presença Pouca presença Sem impacto				Ferimento fatal Ferimento traumático Ferimento leve Sem risco			
Atrativo	Porcentagem (%)																							
Cachoeiras	6	6	25	63	6	50	44	0	25	19	25	31	19	25	44	12	19	13	38	21	13	13	31	44
Cortes	25	56	19	0	25	69	6	0	19	56	25	0	44	44	13	0	-	-	-	-	13	19	31	38
Fontes	36	21	21	21	29	50	21	0	14	64	21	0	21	57	21	0	-	-	-	-	0	0	14	86
Morros	8	33	25	33	8	75	8	8	25	50	17	8	17	67	17	0	-	-	-	-	58	0	8	33
Gruta	-	-	-	100	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	100	-	-	-	-	100	100	-	-	-
Indicador Biofísico	Danos ao recurso				Saneamento				Lixo no entorno				Impactos sonoros				Turbidez da água				Odor			
Fator de atribuição de peso	Vandalismo Danos no entorno Inscrições Sem danos				Fossa e/ou esgoto Dejetos ou urina Entulhos lixo Ausente				Muito lixo Pouco lixo Lixo em latões Sem lixo				Grande Médio Pequeno Ausente				Muito alta Alta Baixa Ausente				Muito forte Forte Fraco Ausente			
Atrativo	Porcentagem (%)																							
Cachoeiras	19	19	13	50	6	0	56	38	31	25	31	13	19	13	19	50	6	38	38	19	6	6	13	75
Cortes	0	6	19	81	-	-	-	-	13	38	6	44	31	25	19	25	-	-	-	-	-	-	-	-
Fontes	0	7	57	36	-	-	-	-	0	14	64	21	0	7	36	57	-	-	-	-	-	-	-	-
Morros	17	17	25	42	-	-	-	-	25	25	8	42	25	8	50	17	-	-	-	-	-	-	-	-
Gruta	-	-	100	-	-	-	100	-	-	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Indicador Biofísico	Óleos				Espumas				Algas / Clorofila				Larvas vermelhas				Tipo de impacto associado							
Fator de atribuição de peso	Muito alto Alto Baixo Ausente				Muito alta Alta Baixa Ausente				Muito alto Alto Baixo Ausente				Muito alta Alta Baixa Ausente				Muito alto Alto / preocupante Moderado Mínimo / pouco							
Atrativo	Porcentagem (%)																							
Cachoeiras	0	0	19	81	0	19	13	69	6	13	31	50	0	0	6	94	6,25	12,5	31,25	50,0				
Cortes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0	37,5	25,0	12,5				
Fontes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	21,4	78,6	0,0				
Morros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,7	50,0	25,0	8,3				
Gruta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	100	0,0				

Utilizando-se o modelo de Pressão-Estado-Resposta (OECD, 1994), também é possível identificar algumas estratégias de manejo, fiscalização e controle para os locais analisados, que possuem presença muito alta de impacto ambiental (Tabela 4). Estes potenciais atrativos geoturísticos possuem distintos impactos, devido aos diferentes tipos de usos e ocupações. Todos estes impactos poderiam ser corrigidos por uma administração efetiva em relação à gestão ambiental. Assim, algumas medidas de manejo, controle e fiscalização poderiam ser adotadas para reduzir estes impactos nas áreas rurais ou urbanas (Tabela 4).



Figura 3. (a) Piscina do Boi (Ch13) com lixo, óleos e espumas. (b) Morro Dedo de Deus (Mo9), inscrições em rochas e lixo. (c) Avenida vereador Edmundo Cardilo (Cr12) com lixo próximo ao afloramento. Morro do Lajedinho (Mo10) com lixo e indícios de fogueira.

Tabela 4. Sugestão de estratégias de manejo elaboradas em função dos impactos detectados e suas causas prováveis. Adaptado de: Sardinha et al. (2007) e Godoy et al. (2013).

Pressão	Estado	Resposta
Desmatamento	Vegetação composta por gramíneas ou ausentes	Cumprimento legal e conservação das áreas de preservação, recuperação das áreas degradadas, controle e planejamento adequados à exploração turística.
Perda da biodiversidade	Pouca presença de animais nativos	Recuperação das áreas degradadas por espécies vegetais nativas e frutíferas.
Perda de solo e queda de blocos	Erosão devido à abertura de vias e desmonte de rochas e solos	Recuperação das áreas degradadas, controle da erosão por práticas mecânicas, edáficas e vegetativas, além da utilização de equipamentos adequados para a abertura de estradas rurais e urbanas.
Acidentes leves até fatalidades	Riscos de ferimento	Estrutura adequada à prestação de serviços e sinalização em atrativos.
Perturbação e desequilíbrio do ecossistema	Impactos significantes	Estudo apropriado, revelando a capacidade do meio em relação aos impactos de visitação em atrativos.
Danos no entorno e poluição visual	Vandalismo no entorno	Constantes fiscalizações, sinalização adequada e restauração ambiental.
Poluição do atrativo	Grande quantidade de lixo	Estruturação e sinalização dos atrativos, locais para acondicionamento e armazenamento, sistema de coleta e disposição adequada dos resíduos.
Lançamento de efluentes	Despejos "in natura" de esgoto	Sistema de tratamento de efluentes adequado e abrangente para os atrativos, principalmente cachoeiras e rios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caldeira vulcânica de Poços de Caldas apresenta grande potencialidade geoturística em relação ao seu patrimônio geológico. Esses ambientes são testemunhos da história evolutiva do Planeta Terra, demonstrando a importância em descrever a sua fisiografia e analisar os possíveis impactos, uma vez que os danos podem causar prejuízos ambientais irreversíveis, agressão ao conhecimento científico e perda da qualidade de vida da comunidade local. A fragilidade em alguns potenciais atrativos pode aumentar com a atividade geoturística, dessa forma, deve existir harmonia entre as práticas do turismo com a capacidade suporte dos municípios e dos recursos naturais a serem visitados, com a implantação de uma infraestrutura que comporte o número de visitantes com respeito e valorização da cultura local.

As cidades pertencentes à caldeira vulcânica de Poços de Caldas já possuem longa tradição nas atividades turísticas, por isso, em alguns pontos existem estacionamentos, banheiros, latas de lixo, etc. Esta tradição também gera impactos positivos, ligados à economia e a cultura, e, impactos negativos, relacionados à degradação ambiental (geração de lixo, esgotos, perda da biodiversidade, etc.). A presença de lixo foi um problema encontrado em quase todas as áreas visitadas, principalmente em locais bem sinalizados e de fácil acesso. Outro impacto importante é com relação à infraestrutura dos municípios, que se agrava devido ao aumento do número de pessoas, gerando maior quantidade de resíduos sólidos e líquidos.

Com isso, sugere-se que sejam realizados estudos que levem em conta parâmetros físicos (largura de trilhas, compactação, erosão do solo, assoreamento), biológicos (recomposição, tipologia, sucessão e integridade da flora, comportamento, frequência e diversidade de espécies da fauna), capacidade de suporte (número máximo de visitantes) e percepção (satisfação, segurança, conhecimento em relação à área, etc.). Os parâmetros obtidos devem ser analisados por um corpo técnico responsável, com propostas a fim de conservar os potenciais atrativos e avaliar o progresso ambiental destes. Além disso, devido à região possuir grande geodiversidade, dispõe-se de expressivo potencial para ações educativas, recreativas e turísticas ao ponto de incentivar a popularização do conhecimento científico e a valorização da natureza por completo, incluindo fatores bióticos e abióticos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a seção de publicações da Revista de Ciências Ambientais (RCA) e os revisores anônimos que contribuíram para a melhora deste manuscrito.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA FILHO, R.; PARADELLA, W. R. 1977. **Estudo do maciço alcalino de Poços de Caldas através de imagens landsat com ênfase em mineralizações radioativas**. Relatório 1112-TPT/065. São José dos Campos, SP: INPE, 130p.
- BRILHA, J. B. R. 2005. **Património Geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Braga, Portugal: Palimage, 190p.
- CHAPMAN, N. A. et al. 1991. **The Poços de Caldas project: summary and implications for radioactive waste management**. Uppsala: SKB-Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, 36p.

- CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 1979. **Projeto Sapucaí**: relatório final. Escala 1:250.000. São Paulo: Depto. Nacional de Produção Mineral, 289p.
- ELLERT, R. 1959. Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas. **Boletim Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras**, 237(18):5-63.
- FREIXÊDAS-VIEIRA, M. V.; PASSOLD, A. J.; MAGRO, T. C. 2000. Impactos do uso público: um guia de campo para utilização do método VIM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, II, 2000, Campo Grande. p. 296-305.
- GODOY, L. H. et al. 2013. Potencial Geoparque de Uberaba (MG): geodiversidade e geoconservação. **Revista Sociedade & Natureza**, 25(2):395-410.
- GOOGLE EARTH PRO. 2014. **Imagens de satélite**. Disponível em: <<https://earth.google.com/>>. Acesso em: 16 set. 2014.
- GRAEFE, A. R.; KUSS, F. R.; VASKE, J. J. 1990. **Visitor impact management**. The Planning Framework. Washington, D.C.: National Parks and Conservation Association, 105p.
- GRAY, M. 2004. **Geodiversity**: valuing and conserving abiotic nature. West Sussex, England: John Wiley & Sons, 434p.
- JANASI, V. A. 1996. Os sienitos potássicos neoproterozóicos do maciço Pedra Branca, SW de Minas Gerais: geologia, petrografia e geoquímica. In: 39 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1996, Salvador. p. 453-455.
- JANASI, V. A. 1992. **Rochas sieníticas e mangerítico-charnoquíticas neoproterozóicas da região entre Caldas e Campestre (MG): aspectos petrológicos**. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 298p.
- JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. 2016. Geodiversidade, geoturismo e geoconservação: conceitos, teorias e métodos. **Espaço Aberto**, 6(1):151-174.
- MACHADO, M. F.; SILVA, S. F. 2010. **Geodiversidade do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 131p.
- MAGRO, T. C. 2001. Impactos ambientais de projetos de turismo rural. In: C. G. S. Oliveira; J. C. Moura; M. SGAÍ (Org.). **Turismo no espaço rural brasileiro**. Piracicaba: FEALQ, p. 75-89.
- MAGRO, T. C. 1999. **Impactos do uso público em uma trilha no planalto do Parque Nacional do Itatiaia**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, 135p.
- MORALES, N. 1988. **Evolução lito-estrutural das rochas pré-cambrianas da região de São João da Boa Vista**. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 157p.
- NASCIMENTO, M. A. L. do; RUCHKYS, Ú. A.; MANTESO-NETO, V. 2007. Geoturismo: um novo segmento do Turismo no Brasil. **Global Tourism**, 3(2):1-24.
- OECD, Organization for Economic Co-Operation and Development. 1994. **OECD core set of indicators for environmental performance reviews: a synthesis report by the Group on the State of the Environment**. Paris: OCDE/GD, p. 39.
- SARDINHA, D. S. et al. 2007. Impactos do uso público em atrativos turísticos naturais do município de Altinópolis (SP). **Geociências**, 26(2):161-172.
- SCHORSCHER, H. D.; SHEA, M. E. 1992. The regional geology of the Poços de Caldas alkaline complex: mineralogy and geochemistry of selected nepheline syenites and phonolites. **Journal of Geochemical Exploration**, 45(1):25-51.
- SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B. 1973. Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste. In: 27 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1973, Aracajú. p. 243-256.
- ULBRICH, H. H. G. J. 1984. **A petrografia, a estrutura e o quimismo de nefelina sienitos do Maciço Alcalino de Poços de Caldas MG-SP**. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 700p.

ULBRICH, H. H. G. J. et al. 2002. Penecontemporaneous syenite phonolitic and basic-ultrabasic-carbonatite rocks at the Poços de Caldas Alkaline Massif, SE Brazil: geological and geochronological evidence. **Revista Brasileira de Geociências**, **32**(2):15-26.

VALETON, I. et al. 1997. Supergene alteration since the upper cretaceous on alkaline igneous and metasomatic rocks of the Poços de Caldas ring complex, Minas Gerais, Brazil. **Applied Geochemistry**, **12**(3):133-154.

WERNICK, E.; ARTUR, A. C. 1983. Evolução policíclica de terrenos arqueanos no leste do Estado de São Paulo e sul de Minas Gerais. In: 2 SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 1983, Belo Horizonte. p. 51-61.

ZANFELICE, T.; ETCHEBEHERE, M. L.; SAAD, A. R. 2009. Avaliação preliminar do potencial turístico do Município de Rifaina (SP) e os impactos decorrentes do uso público de seus atrativos paisagísticos. **Geociências**, **28**(2):203-220.