



DALMO ARANTES DE BARROS

**CAMPOS DE ALTITUDE SOB
INTERFERÊNCIA DA MINERAÇÃO DE
BAUXITA NO PLANALTO DE POÇOS DE
CALDAS, MG**

LAVRAS – MG

2014

DALMO ARANTES DE BARROS

**CAMPOS DE ALTITUDE SOB INTERFERÊNCIA DA MINERAÇÃO DE
BAUXITA NO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS, MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. José Aldo Alves Pereira

LAVRAS – MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Barros, Dalmo Arantes de.

Campos de altitude sob interferência na mineração de bauxita no
planalto de Poços de Caldas, MG / Dalmo Arantes de Barros. –
Lavras : UFLA, 2014.

141 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: José Aldo Alves Pereira.

Bibliografia.

1. Campos de altitude. 2. Mineração de bauxita. 3. Avaliação de
impactos ambientais. 4. Recuperação de áreas mineradas. 5.
Ecologia vegetal. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.9

DALMO ARANTES DE BARROS

**CAMPOS DE ALTITUDE SOB INTERFERÊNCIA DA MINERAÇÃO DE
BAUXITA NO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS, MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 21 de fevereiro de 2014.

Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa	UFLA
Dr. Mozart Martins Ferreira	UFLA
Dr. Warley Augusto Caldas Carvalho	UFLA
Dra. Luciana Botezelli	UNIFAL

Dr. José Aldo Alves Pereira
Orientador

LAVRAS – MG

2014

Ao meu pai (*in memoriam*).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo encaminhamento na definição de um novo rumo para minha vida. Aos meus familiares, pelo apoio (Regina, Duda, Andressa, Neca, Léo, Rodrigo, Marina e D. Elza).

À Renata e Maria Clara, agradeço a compreensão pelas ausências esporádicas.

À Universidade Federal de Lavras e a CAPES, pela oportunidade de realização deste estudo.

Aos amigos Alexandre Spadoni, Odimir Martinelli, José Roberto e Suely, pelo fomento ao meu retorno à vida acadêmica.

À Companhia Brasileira de Alumínio – Votorantim Metais, pelo apoio nesta jornada, sem o qual não seria possível concretizar este projeto. Principalmente aos amigos: Hamilton, Renato, Larissa, Eduardo, Maura, José Rowilson, Lelis e Gabriel.

Ao meu orientador Professor José Aldo Alves Pereira, pela amizade, apoio e orientação.

Aos Professores Bruno Montoani, Luis Antônio Coimbra Borges, José Luis Pereira Rezende e Marco Aurélio Leite Fontes, pelo exemplo de seriedade no desenvolvimento das atividades, além dos incentivos e ensinamentos formais e informais transmitidos.

Aos Professores: Paulo Garcia, José Marcio Faria, Mariana Esteves, Ana Carolina, Pedro Viana, Antônio Zanzini, Anderson Clayton, José Luis Rezende, Fausto Acerbi, Warley Caldas, Rubens dos Santos, Mozart Martins, Diógenes e Júlio Bueno, pela ajuda nas suas respectivas especialidades.

Aos amigos que me acompanharam nesta caminhada: Rossi, Bruno Senna, Gil, Suely, Daniel Torres, Gabriel Biagiotti, Ernani, Gleisson, Iberê, Allan, Eva, Zebra, Quedes, Eleonora, Fernanda, Juninho e João Guimarães.

Aos demais professores e colegas de curso, funcionários (especialmente, Francisca e Juliano), aos companheiros de profissão e familiares, que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste projeto.

Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

*“Não existe um mundo como nós entendemos –
existe apenas uma descrição do mundo que nós
aprendemos a visualizar e em que nos apoiamos
por segurança. Nós vivemos numa bolha, a bolha
da nossa percepção, e tudo aquilo que
testemunhamos dentro dela é apenas nossa
reflexão.”*

Carlos Castañeda

RESUMO GERAL

Este trabalho visa contribuir ao conhecimento ambiental envolvido no processo de mineração de bauxita, bem como acerca dos campos altimontanos sobre pressão dos projetos minerários. Foi caracterizada a atividade de mineração de bauxita na região do planalto de Poços de Caldas, definindo seus principais impactos socioambientais (Capítulo I). Foram avaliadas as propriedades físicas dos solos em campos sobre corpos de bauxita, comparando-as com aquelas encontradas após a lavra (Capítulo II). E foi caracterizada a estrutura e composição das comunidades campestres de altitude, possibilitando inferências sobre espécies potenciais para recuperação ambiental das áreas mineradas (Capítulo III). Para testar a hipótese inicial, de acordo com o objetivo no capítulo I, foram levantadas as principais atividades dentro do processo minerário, correlacionando seus impactos ambientais mais significativos. A mineração de bauxita realizada no planalto de Poços de Caldas, nas situações estudadas, normalmente mitiga seus respectivos impactos socioambientais negativos, além de gerar impactos sociais positivos; os métodos de restauração dos ecossistemas perturbados pela mineração vêm sendo aperfeiçoados continuamente e há necessidade que sejam reproduzidos nos empreendimentos de pequeno e médio porte. No capítulo II, avaliaram-se as propriedades do solo antes da intervenção minerária comparando-as com aquelas encontradas depois da recuperação ambiental. Foram determinados para cada amostra de solo: granulometria, argila dispersa em água, índice de floculação, densidade de partículas, índice de pedregosidade, estabilidade de agregados, matéria orgânica, densidade do solo, volume total de poros, macroporos e microporos. Após a recuperação da área minerada, ocorreu: homogeneização da pedregosidade entre as camadas; aumento do grau de floculação do solo; alterações estruturais do solo na camada superior e redução da estabilidade de agregados, embora tenha mantido bons níveis, podendo ser atribuído ao processo de recuperação. Por fim, para atingir os objetivos propostos para o capítulo III, foi realizado o levantamento florístico e o estudo fitossociológico através do método de parcelas, para tanto foram distribuídas sistematicamente em campo 56 parcelas com 1 m², onde todos os indivíduos herbáceos e arbustivos maiores que 2 cm foram contabilizados e identificados. Para avaliar a cobertura das espécies contabilizadas e a porcentagem de solo exposto foi utilizada a escala de Braun-Blanquet. Foram calculados os parâmetros fitossociológicos e o índice de diversidade de Shannon e a equabilidade de Pielou. Os campos altimontanos são ambientes que apresentam riqueza elevada. Existem espécies nativas campestres importantes na comunidade estudada que podem potencializar a possibilidade de sucesso nos projetos de restauração ambiental.

Palavras-chave: Campos de Altitude. Mineração de Bauxita. Avaliação de Impactos Ambientais. Recuperação de Áreas Mineradas. Ecologia Vegetal.

GENERAL ABSTRACT

This work aims to contribute to the environmental knowledge involved in bauxite mining process and in the interference of mining projects on upper montanes fields. Thus, the work was divided into three sections. First, the activity of bauxite mining in the plateau region of Poços de Caldas was characterized, defining its main social and environmental impacts (Chapter I). Sequentially the physical properties of soils naturally occupied by the altitude fields in bauxite bodies were evaluated by comparing them with those found after mining activity (Chapter II). Finally, the structure and composition of the upper montanes campestral community over bauxite bodies was characterized allowing inferences about potential campestral species for use in the processes of environmental rehabilitation of mined areas (Chapter III). In order to test the initial hypothesis, according to the purpose of Chapter I, we surveyed the main activities in the mining process correlating the most significant environmental impacts. Bauxite mining performed in Poços de Caldas plateau in most situations studied mitigates their respective negative social and environmental impacts satisfactorily and generate positive social impacts; methods of restoration of ecosystems disturbed by mining have been continually improved and it is necessary to reproduced them in enterprises of small and medium companies. In Chapter II, from a DBC (3x2x4, n = 24) the properties of the soil before mining intervention was evaluated comparing them with those found after environmental recovery. We determined for each soil sample: particle size, dispersed clay in water, flocculation, particle density, stoniness index, aggregate stability, organic matter, soil density, total porosity, macropores and micropores. After recovery of the mined area, occurred: homogenization of stoniness between the layers, increase of the degree of flocculation of the soil, soil structural changes, reduction of aggregate stability, although it had good levels what may be attributed to the recovery process. Finally, to achieve the proposed objectives for Chapter III, the floristic survey was conducted through the method of walking and the phytosociological study by evaluating the surface by plot method. Thus, 56 plots with 1m² were distributed, where all herbaceous and shrubs larger than 2cm were counted and identified. In order to assess the coverage of the species counted and the percentage of exposed soil, Braun-Blanquet scale was used. The phytosociological parameters as well as the Shannon diversity index and Pielou evenness were calculated. The upper montanes fields are truly diverse environments, with high wealth. There are important campestral native species in the studied community that can enhance the possibility of success in environmental restoration projects.

Keywords: Altitude Fields. Bauxite Mining. Environmental Impact Evaluation. Recovery of Mining Areas. Vegetation Ecology.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 Evolução da Produção Mineral Brasileira, durante o período de 1978 a 2012.....30

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 2

- Figure 1. Stoniness index values for soils collected at different depths before mining intervention and after the environmental recovery of bauxite deposits in the plateau region in Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil.87

ARTIGO 3

- Figura 1. Dendrograma da análise de similaridade, utilizando o conceito de agrupamento hierárquico de Cluster para diferentes áreas campestres..... 116
- Figura 2. Distribuição das espécies de acordo com a classificação das formas de vida de Rankiaer (1934), adaptado por Pifano et al. (2010), em área de campo altimontano sobre corpos de bauxita, no planalto de Poços de Caldas, MG..... 117
- Figura 3. Curva acumulativa de riqueza estimada pelo estimador de riqueza Jackknife de primeira ordem, em função do esforço amostral e respectivo intervalo de confiança, para área de campo altimontano sobre corpos de bauxita, no planalto de Poços de Caldas. MG..... 119

Figura 4. Curva de acumulação da riqueza observada e estimada pelo estimador de riqueza Jackknife, para área de campo altimontano sobre corpos de bauxita, no planalto de Poços de Caldas. MG..... 121

LISTA DETABELAS

PRIMEIRA PARTE

Tabela 1	Termos mais comuns usados na recomposição de áreas degradadas.....	33
----------	--	----

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 2

Table 1.	Physical soil properties and organic matter contents of soils collected at different depths before mining intervention and after the environmental recovery of bauxite deposits in the plateau region in Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil.	88
Table 2.	Bulk density and porosity of soils collected at a depth of 0-0.10 m before mining intervention and after the environmental recovery of bauxite deposits in the plateau region in Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil.	90
Table 3.	Mean geometric diameter (MGD), mean weighted diameter (MWD), and size distribution of soil aggregates collected at different depths before mining intervention and after the environmental recovery of bauxite deposits in the plateau region in Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil.	92

ARTIGO 3

Tabela 1.	Espécies vegetais, em ordem de família, caracterizadas quanto à forma de vida e origem encontradas nos ambientes campestres de altitude sobre corpos de bauxita, na região do planalto de Poços de Caldas, MG.	110
-----------	---	-----

Tabela 2. Espécies amostradas no ambiente campestre altimontano sobre corpos de bauxita no planalto de Poços de Caldas, MG, apresentadas em ordem decrescente de VI, em que: DR, Densidade Relativa (%); FR, Densidade relativa (%); DoR, Dominância Relativa (%); VI, Valor de Importância (%). 122

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO 15
2	REFERENCIAL TEÓRICO 17
2.1	Contextualização inicial 17
2.2	O planalto de Poços de Caldas 19
2.3	Os campos de altitude 20
2.4	Ecologia vegetal dos campos altimontanos 22
2.5	A mineração e o meio ambiente 26
2.6	A bauxita e a atividade minerária 27
2.7	A mineração e a economia 30
2.8	Recuperação ambiental de áreas mineradas 31
2.9	Gestão ambiental de empreendimentos minerários 37
2.10	Propriedades físicas dos solos no contexto da recuperação ambiental 40
3	HIPÓTESES 47
4	OBJETIVO GERAL 48
4.1	Objetivos Específicos 48
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS 49
	REFERÊNCIAS 50
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS 59	
	ARTIGO 1 Characterization of the bauxite mining of the poços de caldas alkaline massif and its socio-environmental impacts 59
	ARTIGO 2 Soil physical properties of high mountain fields under bauxite mining 79
	ARTIGO 3 Florística e fitossociologia de campos de altitude como uma ferramenta para restauração ecológica 99

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Conhecendo a importância dos setores produtivos para a economia mundial, bem como do atual estado de conservação dos recursos naturais, é fundamental o fomento ao conhecimento científico, visando possibilitar o atendimento às exigências e necessidades de consumo da sociedade dentro de uma concepção integrada e ambientalmente equilibrada.

O tema de pesquisa proposto abrange um assunto pouco difundido no Brasil cujo foco é a recuperação ambiental dos campos de altitude sobre interferência dos empreendimentos minerários de bauxita. Atualmente, estudos nessa linha são incipientes e a demanda por novas tecnologias visando à recuperação dessa fitofisionomia são importantes para a sociedade e para as empresas que as impactam diretamente.

As publicações científicas sobre formações campestres estão pautadas, principalmente, em vegetações de Campos Rupestres ou Campos Cerrados. Estudos sobre os campos de altitude parecem ser negligenciados, mesmo sendo esses uma fitofisionomia do domínio Atlântico que sofre grande pressão antrópica.

Diversas são as fontes de degradação destes ambientes. Inicialmente, eles são utilizados, por muitos pecuaristas, como pastagens naturais. Frequentemente são substituídos por eucalipto ou plantios agrícolas, e ainda são fontes combustíveis sujeitas à ocorrência de queimadas nos períodos de estiagem. No planalto de Poços de Caldas, região objeto deste estudo, em muitos casos, os campos de altitude encontram-se associados a grandes jazidas minerais de bauxita em atividade.

Os subsídios à recuperação desses ambientes degradados fornecem benefícios significativos aos processos de licenciamento ambiental e à formulação ou adequação de legislações ambientais relativas às necessidades da sociedade moderna. Estudos que alicercem os processos de recuperação ambiental de áreas degradadas pela mineração têm sido cada vez mais apoiados e incentivados pelos órgãos ambientais, bem como pelas empresas mineradoras.

No entanto, as iniciativas ainda são tímidas, e as pesquisas científicas, certamente, vão ao encontro das necessidades de desenvolver tecnologias que possam gerar aplicações práticas para a conservação e preservação do meio ambiente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Contextualização inicial

Historicamente, as comunidades sempre buscaram o desenvolvimento socioeconômico. Recentemente, o conceito e as formas de alcançá-lo evoluíram com as ideias de sustentabilidade, tornando-se uma diretriz importante das sociedades que almejam qualidade de vida e uso consciente dos serviços ambientais.

As reflexões acerca dos impactos ambientais impulsionaram a preocupação sobre os problemas ambientais gerados por padrões comportamentais conflitantes com a capacidade de regeneração do ambiente (FERREIRA; LIRA; CÂNDIDO, 2010). Logo, os conflitos econômicos e ambientais motivaram a sociedade contemporânea a rever seus processos produtivos, no intuito de mitigar os possíveis danos gerados à integridade do ambiente (PILLON; MIURA; ALBA, 2010). Neste contexto, essa ansiedade que a sociedade tem demonstrando com as questões ambientais, reflete na formulação de legislações mais específicas com relação à disposição de resíduos sólidos e líquidos, emissão de poluentes, emissão de ruídos e exploração dos recursos naturais (NICOLELLA; MARQUES; SKORUPA, 2004).

Bassani (2001) enfatiza que as questões ambientais ocupam cada vez mais espaço na rotina das pessoas, pois considera que a ação antrópica sobre a natureza engloba uma complexa teia de causas e consequências. Na realidade, trata-se de uma rede de processos pessoais e coletivos, embasados em questões culturais, sociais e psicológicas, que se refletem na percepção sobre o modo como os recursos naturais são explorados (BOLLMANN, 2001). A problemática ambiental cruza transversalmente os setores produtivos e precisa ser resolvida, por meio dos fundamentos técnicos de políticas ambientalmente integradas.

Assim, o setor industrial, almejando agregar valor ao produto final, atentou para os possíveis benefícios da conservação ambiental, em função da sua situação de agente poluidor e degradador das condições naturais dos ecossistemas (LITTLE, 2003).

Nas últimas décadas, a visão das empresas com relação ao meio ambiente, insere-se em um processo de mudanças. Segundo Donaire (1995), essas transformações fazem as organizações serem vistas como instituições responsáveis pelas suas atividades, no que tange seu comportamento social, excedendo a produção de bens e serviços. Portanto, o novo posicionamento reflete-se em diferentes formas, dentre elas, a proteção ao meio ambiente (LONGENECKER, 1991).

De acordo com Calmom et al. (2011), a legislação brasileira tem sido de fundamental importância para a redução da degradação ambiental, envolvendo os atores sociais em diversas ações relativas à restauração de ecossistemas degradados, colocando o Brasil em uma posição pioneira entre os países que almejam harmonizar a produção econômica, o crescimento e a conservação da biodiversidade.

Em função deste panorama, faz-se necessário conhecer as principais fontes de degradação e seus impactos ambientais correlatos. Baseados nessas informações é possível criar estratégias que conciliem a conservação ambiental e o desenvolvimento socioeconômico. Dentre os vários setores produtivos, o minerário é imprescindível para a economia mundial, desde que operado em bases tecnicamente coerentes, socialmente justas e ambientalmente corretas (BARROS et al., 2012).

2.2 O planalto de Poços de Caldas

Datam do século XVIII as primeiras informações sobre a região do planalto de Poços de Caldas. Em 1765, Manoel Velho, Pedro Franco e outros expedicionários, desbravaram o território que foi denominado “Descoberto de Manoel Velho”. No final dos anos 1700, foram encontradas águas mal cheirosas, com propriedades medicinais que, de acordo com as histórias locais curavam inúmeras enfermidades. A partir de então, essas águas foram procuradas por muitas pessoas da Capitania que as utilizavam para banho e consumo. Assim, surgiram os ranchos de palha nas imediações das fontes, iniciando a colonização da região (PEREIRA; FONTES, 2009).

A região se formou há dezenas de milhões de anos, quando uma intensa atividade vulcânica provocou a elevação do terreno. Posteriormente, o centro dessa elevação cedeu, formando uma depressão, originando uma enorme caldeira com cerca de 30 km de diâmetro, e que segundo Cavalcante et al. (1979), está situada a uma cota média de 1.200 m de altitude, com serras que alcançam 1.600 metros. A maior parte do planalto localiza-se na região Sul do estado de Minas Gerais, mais precisamente na borda ocidental da serra da Mantiqueira (CRISTOFOLETTI, 1972).

A microrregião do planalto de Poços de Caldas situa-se em uma caldeira vulcânica que engloba vários municípios mineiros e alguns paulistas. A ocupação da região foi influenciada por uma série de fatores, podendo destacar a abertura de vias de acesso, a formação de rotas econômicas e a doação de terras por meio de posses ou sesmarias, incluindo títulos de propriedade após o ano de 1805 (ROVARON, 2009).

Pode-se considerar que os solos dessa região se originaram a partir de materiais regolíticos alóctones, com a existência de cascalhos e concreções formadas por lateritas exumadas e estilhas de rochas em um relevo recente.

Constituem-se, principalmente, de Cambissolos e Neossolos. Nas paisagens de baixada, os solos se apresentam com volumes gleicos e material orgânico enterrado, indicando, em determinadas situações, uma paleodrenagem mais intensa que a atual (MORAES; JIMÉNEZ-RUEDA, 2008).

Os solos da região, normalmente, exibem reduzidos teores nutricionais em função das rochas de origem, apresentam baixos teores de bases trocáveis e saturação de bases. Entretanto, solos com fertilidade moderada podem ser encontrados próximos às áreas de baixada (FERNANDES et al., 2003).

O planalto de Poços de Caldas encontra-se na região do domínio fitogeográfico da Mata Atlântica (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991), com predomínio das Florestas Ombrófilas Montanas e Altomontanas. Entretanto, Oliveira-Filho (2006) e Oliveira-Filho, Jarenkow e Rodal (2006) as denominam de Floresta Estacional Semidecidual Alto-Montana. A região também apresenta fitofisionomias de campos de altitude e matas de galeria (GUIMARÃES et al., 2008).

Anteriormente à década de 70, a economia regional baseava-se na agricultura, pecuária, turismo e pequenos empreendimentos minerários de bauxita e zircônio. A partir deste período, a região se desenvolveu como um importante polo turístico, mineral e industrial, em função de sua localização privilegiada, riqueza mineral e atividades tradicionais.

2.3 Os campos de altitude

A região do maciço alcalino de Poços de Caldas, onde se encontram grandes jazidas de bauxita, tem passado por importantes alterações na paisagem devido à implantação de vastas áreas de pastagem, de grandes empreendimentos minerários, bem como de áreas extensivas de cultivo de eucalipto em substituição aos campos de altitude (CORDEIRO et al., 2008).

Os campos de altitude ocorrem sobre geoformas mais arredondadas de rochas de origem graníticas e/ou intrusivas ácidas com elevados teores de sílica e alumínio. Localizam-se em taludes modelados em rochas arqueanas que datam em mais de 3.800 Ma. (período pré-cambriano), destacando-se as que constituem as Serras do Mar e da Mantiqueira (MOREIRA; CAMELIER, 1977).

Segundo Safford (1999), as diferentes variações dessa fitofisionomia, constituem-se de um mosaico, cuja tipologia mais abundante, encontrada nos planaltos relativamente extensos é a de arbustos ensartados em matrizes de gramíneas, com espécies herbáceas e algumas pteridófitas. As pesquisas aplicadas à conservação dos recursos naturais da região Sudeste do Brasil são poucas e, de modo geral, predominam em ambientes de terras baixas. Para melhor conhecer essas fitofisionomias, tornam-se necessários maiores investimentos para a elaboração de inventários de fauna e flora como ações prioritárias para a conservação dessas áreas campestres de altitude.

Entretanto, ainda há que se trabalhar no aperfeiçoamento dos métodos de recuperação utilizados para os campos de altitude, que ainda são pouco conhecidos. Além disso, as empresas devem melhorar a divulgação desses resultados, sensibilizando a comunidade e tornando os órgãos ambientais mais eficientes na fiscalização dos métodos utilizados para a restauração (BARROS et al., 2012).

Os campos de altitude merecem mais atenção da comunidade científica, não só pela sua conotação biológica e geológica, mas, também, por se apresentarem como as primeiras áreas de drenagem para o suprimento de água de grande parte da população brasileira, justificando por si só sua preservação (SAFFORD, 1999).

Apesar da escassez de informações científicas a respeito desta fitofisionomia, Vasconcelos (2011) resgatou informações fundamentais sobre essa fitofisionomia, discutindo aspectos relacionados à história de suas

denominações, localização geográfica, aspectos fisionômicos e afinidades biogeográficas.

2.4 Ecologia vegetal dos campos altimontanos

Tradicionalmente, na metodologia científica, o pesquisador começa suas atividades observando e descrevendo um fenômeno até a proposição de um resultado que sintetize o conhecimento estudado. Estas atividades podem assumir a forma de um mecanismo qualquer a ser testado, conduzindo a uma possível explicação acerca de um determinado fenômeno natural. O conhecimento científico pode apresentar-se de diversas maneiras e com infinitas consequências no âmbito global, relacionado aos métodos aplicados à coleta e ao processamento dos conteúdos, e ao próprio progresso da ciência (GIEHL; BUDKE, 2011).

Os trabalhos acerca da flora do Brasil iniciaram-se no século XVII, em função da vinda de diversos botânicos do velho continente para o Brasil, a fim de estudar as diferentes fitofisnomias do Brasil (GIULIETTI et al., 2005). Diante disto, surge a ecologia vegetal, que se destaca pelas questões relativas às plantas em um sistema ecológico, pois sua limitação está na característica básica do seu conteúdo, integrando diferentes níveis do conhecimento. Conceitualmente, a ciência da ecologia inclui, em seu conteúdo, os conhecimentos relativos à anatomia ecológica, fisiologia ecológica e protoplasmática, derivando-se daí a ecologia química, matemática, fenológica, parasitológica entre outras. Deste modo, a fitossociologia é o ramo da biossociologia que estuda a vida dos seres vegetais e as relações que estes mantêm em condições naturais no ambiente. Essa ciência foi criada gerando um paralelo entre as ciências naturais e a sociologia humana (PORTO, 2008).

Nos dias atuais é notório o reconhecimento das necessidades acerca das políticas de conservação e ordenamento do território, pautadas em modelos simplificados da vegetação. Um esquema de representação do conhecimento relativo à vegetação caracteriza, além da sua face de modelo simplificado, um grande e importante poder de predição, que certamente não se encontra nas representações individuais da vegetação. Todavia a validade das representações ecológicas geradas por esses modelos, não extrapola, normalmente, o universo amostral, não se permitindo assim, a inferência dos padrões práticos aplicáveis. Na análise dos mosaicos vegetacionais, faz-se necessária a distinção das fitocenoses, dominadas fisionomicamente por uma determinada tipologia biológica. A resposta da vegetação frente à heterogeneidade ambiental assemelha-se à ocorrência de habitats uniformes em mosaico, no interior do biótopo. Fazem parte da estrutura e fisionomia as variações sazonais, a fenologia e as substituições temporais de comunidades no mesmo biótopo, ou seja, a sucessão (CAPELO, 2003).

As comunidades vegetais podem ser caracterizadas como combinação de indivíduos ou uma coexistência de formas de vida. A diversidade e similaridade definem a presença de uma determinada espécie, oriunda de outras comunidades. O detalhamento dos estudos sobre as comunidades baseia-se na investigação dos seus segmentos, sendo essas partes representativas do universo amostral. Em uma amostragem, devem ser considerados os seguintes aspectos: as diferentes segmentações da vegetação, os critérios de identificação destes segmentos, seleção das amostras, definição do tamanho da amostra e do tamanho da amostragem (PORTO, 2008).

O número de estudos sobre a estrutura e a composição do estrato lenhoso é significativamente maior do que aqueles realizados sobre o estrato herbáceo-subarbustivo. Essa escassez de trabalhos acerca do estrato herbáceo-arbustivo resulta na deficiência de conhecimentos científicos acerca da ecologia

das espécies e das comunidades que compõem esse estrato e dos possíveis métodos amostrais utilizáveis. Os sistemas de amostragem desse estrato podem ser classificados em: 1) métodos de densidade: contagem do número de indivíduos das espécies, em função da área (densidade e frequência); e 2) métodos de cobertura: avaliam a ocupação do espaço pela espécie (dominância). Alguns métodos de amostragem para esse estrato são descritos na literatura, tais como: método de parcelas, método de relevé, método de repartição de biomassa, método de pontos e método de interseção na linha (MUNHOZ; ARAÚJO, 2011).

Com um estudo pioneiro sobre os campos de altitude na região do planalto de Poços de Caldas, Pereira (1986) descreveu, ilustradamente, 67 espécies de gramíneas campestres nativas dos diversos ambientes naturais da região, gerando uma importante base de dados acerca da distribuição dessas espécies, bem como informações referentes aos seus aspectos ecológicos e agrônômicos. Cerca de 2100 exsicatas foram depositadas em 10 herbários do país. Neste trabalho, *Anthaenantiopsis fiebrigii* Mez foi citada pela primeira vez com ocorrência no Brasil. Segundo o mesmo autor, os gêneros que apresentaram maior número de espécies foram: *Paspalum*, *Axonopus* e *Panicum*, com respectivamente 9, 8 e 7 espécies. Além disso, ainda foram discutidos aspectos da utilização de gramíneas nos trabalhos de recuperação de áreas mineradas.

Caiafa e Silva (2007), estudando a estrutura da vegetação sobre afloramento granítico no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG), determinaram que as espécies campestres: *Trilepis lhotzkiana*, *Panicum* sp e *Vellozia variegata* apresentaram as maiores dominâncias, frequências relativas, e valores de importância. Essas três espécies, somadas à *Rhynchospora emaciata*, *Dyckia bracteata* e *Tibouchina cf. manicata* representaram 98,3% da dominância relativa. E o restante (1,7 %) refere-se a 22 espécies identificadas na área de estudo. Esses autores concluíram que há escassez dos estudos sobre

essas formações frente à abrangência das áreas de afloramentos rochosos no Brasil.

Mocochinski e Scheer (2008), estudando a composição florística de seis áreas de ocorrência natural de campos altimontanos, situados na Serra do Mar, no estado do Paraná, encontraram 280 espécies vegetais vasculares pertencentes a 73 famílias; dessas, 63 angiospermas, 8 pteridófitas e 2 gimnospermas. A família que apresentou a maior riqueza foi Asteraceae, com 44 espécies, seguida por Poaceae, Melastomataceae e Cyperaceae. De acordo com os mesmos autores, a Serra do Ibitiraquire (no estado do Paraná), representa o maior maciço da formação vegetacional estudada, apresentando a maior riqueza de espécies (224 espécies).

Ainda verificaram uma associação negativa e moderada entre a similaridade florística e a distância entre as áreas de ocorrência. Também, foram relatados alguns problemas relativos à conservação dos campos altimontanos no estado do Paraná, destacando-se a contaminação biológica por espécies vegetais exóticas e as obras de infraestrutura de telecomunicações (MOCOCHINSKI; SCHEER, 2008).

Safford (2007), estudando a fitogeografia dos ambientes naturais dos campos de altitude do domínio de Mata Atlântica afirmou que, dois terços dos gêneros encontrados são de origem tropical, os demais são originários de regiões temperadas. Grande parte dos gêneros encontrados nos campos altimontanos são hemicriptófitas e fanerófitas, polinizadas por vento, insetos e pela gravidade, porém, são significativamente diferentes com relação às características fenológicas entre os grupos fitogeográficos. Esses grupos fitogeográficos apresentaram respostas diferenciadas aos eventos climáticos. O componente da flora tropical de altitude dos campos altimontanos é, essencialmente, derivado de ambientes serranos do interior do Brasil. Cerca de 11 % das espécies vegetais dos campos de altitude estudados também ocorrem nas montanhas Andinas.

Ribeiro e Freitas (2010), analisando os potenciais impactos das alterações no Código Florestal sobre a vegetação de campos rupestres e campos de altitude, afirmaram que os ambientes com cotas elevadas são de fundamental importância para a conservação ambiental e sua supressão afeta diretamente a disponibilidade de água, os processos erosivos, além de sua elevada biodiversidade; entretanto, estes ambientes estão fortemente ameaçados pela ação antrópica; além de serem considerados como ecossistemas de alta vulnerabilidade às mudanças climáticas. As propostas de alteração no código revelam um modelo contrastante de ocupação do espaço, sendo esse panorama impactante à conservação da biodiversidade, à produção agropecuária e, principalmente, aos produtores rurais, que são diariamente favorecidos pelos serviços ambientais advindos de toda biota dos ambientes altimontanos.

2.5 A mineração e o meio ambiente

Os processos geológicos que originam os depósitos minerais determinam sua localização na superfície do Planeta. A distribuição dos elementos que a compõe define a ocorrência dos diferentes tipos de depósitos minerais. A essas situações integra-se a rigidez locacional, que revela a indisponibilidade para seleção de áreas passíveis de menores impactos ambientais durante a implantação e operação de empreendimentos minerários (MECHI; SANCHES, 2010).

A mineração é exercida desde a Antiguidade, inicialmente, para sobrevivência, e, em um segundo momento, como fonte para produção de bens de consumo, colaborando de forma efetiva para a evolução da humanidade. Com os avanços tecnológicos e o aumento da densidade populacional, as ações antrópicas voltaram-se no sentido de potencializar a produção mineral, acarretando grande desenvolvimento setorial, forçando o setor a atingir escala

industrial. Atualmente, a atividade minerária traz consigo uma estreita relação com as questões de proteção ambiental, não apenas por se tratar da exploração de um recurso natural, mas também por impossibilitar a visualização das jazidas fora de seu contexto, correlacionado aos demais elementos naturais, como solo e flora (FERREIRA; FERREIRA, 2011).

O novo modelo de sustentabilidade exigido para as atividades minerárias definiu a necessidade de adequação dos princípios básicos do direito minerário em função da coletividade, a exemplo da hegemonia dos interesses públicos sobre os particulares. A destinação do bem mineral ao uso geral, e o respeito ao conteúdo ético das concessões devem satisfazer critérios técnicos e operacionais durante o processo de exploração mineral, visando um melhor aproveitamento, diminuindo assim, os desperdícios relacionados aos processos industriais (SIMÕES, 2010).

Os impactos sobre o meio ambiente que ocorrem devido à atividade minerária podem ser potencializados em situações de uma operação mal planejada ou mal executada. A mudança da topografia original, a retirada dos substratos pedológicos, o assoreamento dos cursos d'água, a redução da infiltrabilidade dos solos, a poluição atmosférica e a supressão da vegetação são alguns desses efeitos. Esses podem ser atenuados, em função do porte e da localização do empreendimento, sendo, portanto, necessário conhecê-los para mitigá-los adequadamente (LEITE; NEVES, 2008).

2.6 A bauxita e a atividade minerária

A bauxita é uma rocha constituída, principalmente, de minerais hidratados de alumínio. Aproximadamente, 92% da produção mundial de bauxita são utilizadas na produção de alumina (Óxido de Alumínio - Al_2O_3). Esse produto é, então, submetido a uma redução eletrolítica que elimina o

oxigênio e produz o alumínio metálico. O minério também é empregado nas indústrias químicas, de abrasivos e de cimento. As grandes empresas produtoras de bauxita metalúrgica são integradas, produzindo desde o minério até o alumínio primário (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL - DNPM, 2010).

O primeiro registro da ocorrência de bauxita na região do planalto de Poços de Caldas ocorreu em 1919, quando o geólogo Derby realizou uma expedição à região para estudar as rochas expostas pela construção de uma estrada de ferro (WILLIAMS, 2001). A partir dessa descoberta, diversos trabalhos foram realizados sobre a geologia e geomorfologia da região, abordando temas relacionados aos recursos minerais, águas termais, solos, radioatividade entre outros (MORAES, 2007).

Pioneiro nas investigações científicas sobre a geologia do planalto de Poços de Caldas, Ellert (1959) desenvolveu um dos mais importantes trabalhos, reconhecendo a natureza vulcânica da região e os principais tipos minerais existentes, sintetizando os poucos trabalhos que haviam sido realizados, em um artigo denominado “Contribuição à Geologia do Maciço Alcalino de Poços de Caldas”.

Parisi (1988) classificou as jazidas da região em dois tipos principais: as jazidas de serra e as jazidas de campo. As primeiras são formadas pelo intemperismo das rochas alcalinas do dique anelar que demarca o planalto, sendo homogêneas e de grande espessura, porém com menor distribuição na área em que os depósitos são localizados no interior da formação geológica. O minério é compacto no afloramento e poroso em profundidade, mantendo contato diretamente com a rocha-mãe sem a presença de camadas de argila. Comumente, localizados em áreas florestais. Já as jazidas de campo, localizam-se na porção interna do planalto, com corpos minerais descontínuos, interrompidos lateralmente pelas depressões topográficas ou pela ocorrência de

zonas de baixo teor ou faixas de argila pura. O minério apresenta aspecto semelhante ao de serra, porém, ocorrendo quase sempre, em matriz argilosa.

Com base nestas informações é possível definir os possíveis procedimentos operacionais de lavra. O procedimento de lavra é o conjunto dos trabalhos de planejamento, dimensionamento e execução das atividades, de acordo com as especificidades de cada tipo de mineração. Faz-se importante frisar que, na definição das técnicas de lavra, devem ser previstos os usos futuros das áreas, a fim de direcionar as ações de planejamento para as etapas de fechamento das minas (REIS; SOUSA, 2003).

Após a pesquisa mineral, os corpos mineralizados são demarcados e iniciam-se as atividades de preparação para a lavra, através da operação denominada de decapeamento. Essa etapa consiste na utilização de tratores de esteira para a retirada da camada orgânica (*topsoil*) da área que será minerada. Tal camada é constituída, normalmente, pelo horizonte “A” do solo, onde se encontram importantes fontes de propágulos vegetais, matéria orgânica, e microorganismos decompositores, sendo fundamental nas etapas posteriores de revegetação das minas (KOCH, 2007). Em seguida, é instalado um sistema provisório de drenagem de águas pluviais, dimensionado de acordo com o período de utilização, declividade do terreno e superfície de área decapeada, sendo constituído por canaletas e bacias escavadas no solo.

A metodologia de lavra empregada pelas companhias mineradoras na região do planalto de Poços de Caldas foi tecnicamente desenvolvida e adaptada ao longo do tempo, em função das características geológicas e topográficas da região, bem como das demandas de mercado. A lavra é realizada a céu aberto, geralmente com avanço descendente, que apresenta as melhores condições de desenvolvimento, em função das características dos corpos mineralizados e da facilidade que proporciona no momento da recuperação ambiental (WILLIAMS, 2001).

Com o término do minério na frente de lavra, iniciam-se as atividades de reconformação topográfica, através do espalhamento do topsoil previamente decapeado e estocado, seguido pelas práticas de mecanização do solo, como por exemplo, a subsolagem (GARDNER; BELL, 2007); implantação do sistema de drenagem definitivo e, finalmente, o preparo de área e a revegetação.

2.7 A mineração e a economia

De modo geral, para nortear a importância do setor para a economia brasileira, em 2012, a Produção Mineral Brasileira (PMB) totalizou US\$ 51 bilhões, caracterizando um aumento de 112,50 % se comparado ao valor registrado em 2009 (Figura 1), ano da crise econômica internacional, fenômeno que estimulou a retração na demanda por matérias-primas de origem mineral. Entre 2012 e 2016, estão previstos investimentos da ordem de US\$ 75 bilhões, visando um crescimento aproximado de 23 %, para o setor (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM, 2012).

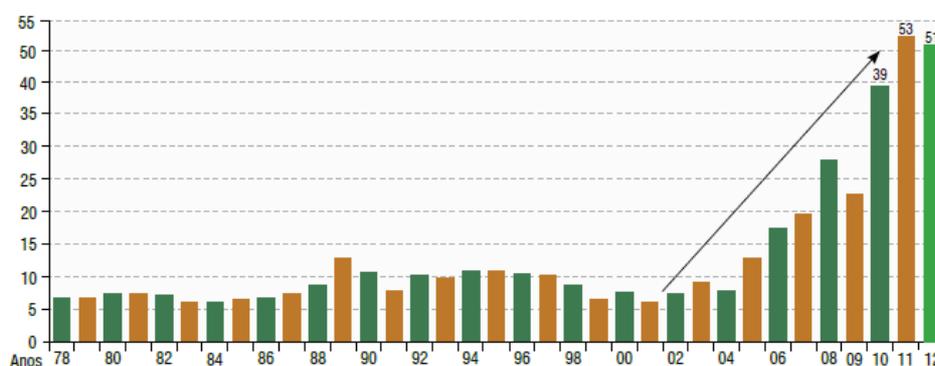


Figura 1 Evolução da Produção Mineral Brasileira, durante o período de 1978 a 2012

Fonte: IBRAM (2012).

Neste contexto, a bauxita tem lugar de destaque, tendo a indústria brasileira do alumínio faturado US\$ 30,7 bilhões em 2011, com investimentos de US\$ 2,9 bilhões e recolhimento US\$ 5,5 bilhões em impostos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO - ABAL, 2012).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de bauxita, com 31 milhões de toneladas produzidas em 2011. Representando 14,10 % de toda produção mundial. A Austrália é líder em produção, com 30,45 % do total, seguida pela China com 21 %. As principais empresas produtoras e seus percentuais de produção no Brasil são: MRN (54 %); Vale (12 %); Alcoa (12 %); CBA (11 %); Mineração Curimbaba (8,4 %) e outros (2,6 %). Os principais Estados produtores são: PA (85 %), MG (14 %) e outros (1 %). As reservas mundiais de bauxita somam 29 bilhões de toneladas. O Brasil possui a 3ª maior reserva, com 3,6 bilhões de toneladas de bauxita metalúrgica. A maior reserva está na Guiné, seguida pela Austrália (IBRAM, 2012).

A bauxita além de ser utilizada na fabricação do alumínio, também é empregada nas indústrias químicas, de abrasivos e de cimento. As grandes empresas produtoras de bauxita metalúrgica são integradas, produzindo desde o minério até o alumínio primário (DNPM, 2010).

2.8 Recuperação ambiental de áreas mineradas

As atividades minerárias abrangem diversos empreendimentos potencialmente poluidores/degradadores, que geram impactos de grandes proporções ao meio ambiente, entretanto apresentam sistemas modernos e eficientes para controlar e mitigar seus impactos ambientais (ROMANO; ROMANO; FEITOSA, 2006). Por outro lado, Castro, Barros e Pereira (2009) afirmam que são inúmeros os empreendimentos sem, ou com precário controle ambiental, que comprometem diariamente os recursos naturais.

Cabe ressaltar que a revegetação do solo sobre áreas mineradas é uma das medidas mitigadoras mais comuns, utilizada no contexto da recuperação ambiental (CORRÊA; BENTO, 2010). Essas medidas, visam tornar a área minerada capaz de suportar um novo uso, garantindo a estabilidade física e química do ambiente, ou a reconstrução de um ecossistema autossustentável (SÁNCHEZ, 2011).

A recuperação ambiental de áreas degradadas é um campo em pródigo desenvolvimento, fomentado por exigências legais, empresas, órgãos governamentais e pesquisadores que têm se esforçado para desenvolver tecnologias eficazes e de baixo custo (SÁNCHEZ, 2010). É de grande importância o desenvolvimento científico, por meio de pesquisas puras e aplicadas, que visem validar as práticas operacionais utilizadas no campo, relativas à acomodação dos materiais, sucessão das espécies, a recuperação do equilíbrio físico-químico e biológico do ambiente, a proteção da natureza e a resolução dos possíveis passivos ambientais; bem como, a destinação futura das áreas a serem recuperadas (PILLON; MIURA; ALBA, 2010).

No Brasil, existe forte divergência entre as definições acerca do significado de área recuperada. O desempenho de um programa de recuperação de áreas degradadas somente pode ser avaliado de acordo com os objetivos inicialmente propostos. Formular claramente os objetivos a serem atingidos não é o suficiente para aferir os resultados, faz-se necessário determinar critérios e parâmetros junto às partes interessadas, a fim de avaliar o sucesso desses programas (SÁNCHEZ, 2010).

Na literatura, encontra-se desde o termo mais comumente usado – recuperação, até o mais recentemente denominado restauração ecológica, dentre outros, tais como: reabilitação, restauração, revegetação e recomposição (Tabela 1) (MORAES; CAMPELLO; FRANCO, 2010).

Tabela 1 Termos mais comuns usados na recomposição de áreas degradadas

Termo	Objetivo
Recuperação	Restabelecimento da estrutura e da produtividade de uma área degradada usando espécies nativas e exóticas. Os benefícios são mais de caráter socioeconômico ou têm um aspecto mais funcional (função protetora do ecossistema), como o controle de processos erosivos em uma bacia hidrográfica.
Reabilitação	Restabelecimento da estrutura, da produtividade e de alguma, mas não necessariamente toda, diversidade vegetal e animal originalmente existente. Ressalta-se que por razões econômicas ou mesmo ecológicas podem ser usadas espécies exóticas. Ao longo do tempo, a função protetora e os serviços ecológicos da floresta original podem ser restabelecidos.
Restauração	Restabelecimento da estrutura, produtividade e diversidade de espécies da floresta original. No médio e longo prazo, processos e funções ecológicas devem se assemelhar aos da floresta original. Para tal, é necessária a existência de remanescentes que abriguem um número significativo de espécies animais e vegetais nativas e que funcionem como um sistema de referência para a área a ser restaurada.

Fonte: Modificado de Lamb e Gilmour (2003) e Moraes, Campello e Franco (2010).

Atualmente, as práticas de recuperação de áreas mineradas evoluíram significativamente com avanços consideráveis nas técnicas utilizadas nos processos de recuperação, principalmente aquelas visando ao restabelecimento da vegetação nativa; ao mesmo tempo, desenvolveu-se um importante mercado de produtos e serviços, atraindo diversificados segmentos de pesquisadores que constituíram um grupo de profissionais especializados, propiciando um avanço contínuo ao setor. Entretanto, esses avanços tiveram pouca notoriedade no contexto da gestão dos processos, tanto no âmbito das empresas, quanto no âmbito das instituições governamentais. Existem, relativamente, poucas informações e revisões críticas acerca do desempenho de programas individuais de recuperação e muito pouco sobre os resultados das políticas públicas correlacionadas (SÁNCHEZ, 2010).

Visando associar conceitos e práticas envolvidas com ações de restauração de florestas degradadas, Moraes, Campello e Franco (2010) confirmam o consenso sobre a ausência de fórmulas preestabelecidas nos processos. Cada área degradada possui um histórico, com um conjunto de características ecológicas, merecendo estratégias específicas e distintas. Na conceituação entre os termos mais comumente utilizados para as ações, o horizonte temporal na obtenção de informações deve prevalecer. De qualquer maneira, toda estratégia que vislumbre o restabelecimento de processos ecológicos deve ser categorizada como ação de restauração. A restauração, desse modo, requer uma estrutura conceitual bem caracterizada em todos os aspectos envolvidos.

A restauração almeja o retorno de um ecossistema à sua trajetória histórica. Desse modo, o conhecimento ou identificação das condições históricas são o ponto de partida ideal para o planejamento das atividades. Os ecossistemas restaurados não necessariamente recuperam sua condição anterior, em função das limitações e características atuais, podendo guiar seu desenvolvimento por uma trajetória alternativa (SOCIETY FOR ECOLOGIAL RESTORATION - SER, 2004).

O histórico de um ecossistema severamente impactado pode dificultar ou até mesmo impossibilitar sua determinação exata. O direcionamento geral e os limites dessa trajetória podem ser estabelecidos por meio de uma combinação de informações sobre a estrutura e composição do ecossistema danificado, bem como através de estudos de ecossistemas íntegros para comparação de informações sobre condições ambientais da região e análises de outras informações ecológicas, culturais e históricas do ecossistema referência. A combinação dessas variadas fontes permite extrapolar a trajetória histórica ou condições originais, a partir de informações ecológicas iniciais com o auxílio de modelos preditivos. A simulação desse processo, durante o processo da

restauração, pode ajudar a nortear a operacionalização no sentido da obtenção de um ambiente com maior integridade ecológica (SER, 2004).

A escolha de espécies a serem adotadas em programas de recuperação ambiental de áreas degradadas, deve tomar como base suas características fisiológicas, reguladoras da eficiência no uso da água e nutrientes, sendo condicionantes para o estabelecimento da vegetação, mas também é fundamental a adoção das práticas silviculturais adequadas a cada situação específica (ASSIS et al., 1998).

O estudo da ecologia da restauração tem avançado significativamente, contribuindo de fato para as práticas de recuperação de ecossistemas degradados e para o desenvolvimento e ampliação do entendimento ecológico. Essa abordagem da ecologia torna-se uma importante ferramenta para o manejo, conservação e recuperação de diferentes ecossistemas degradados em todo mundo (OLIVEIRA; ENGEL, 2011).

Neste contexto, de acordo com os princípios da *Society for Ecological Restoration (SER) International*:

A restauração procura retornar um ecossistema à sua trajetória histórica. Para tanto, as condições históricas são o ponto de partida ideal para planejar a restauração. O ecossistema restaurado pode não recuperar sua condição anterior, devido a limitações e condições atuais que podem orientar seu desenvolvimento por uma trajetória diferente. A trajetória histórica de um ecossistema gravemente impactado pode ser difícil ou impossível de se determinar com exatidão. Não obstante, a direção geral e os limites dessa trajetória podem ser estabelecidos por meio de uma combinação de conhecimentos sobre a estrutura, composição e funcionamento preexistentes do ecossistema danificado, de estudos de ecossistemas intactos comparáveis, de informações sobre condições ambientais da região e análises de outras informações ecológicas, culturais e históricas do ecossistema referência. Essa combinação de fontes permite traçar a trajetória histórica ou condições de referência a partir dos dados ecológicos iniciais e com o

auxílio de modelos preditivos. A emulação desse processo, durante a restauração, deverá ajudar a guiar o ecossistema a uma melhor saúde e integridade (SER, 2004, p. 2).

Como todo projeto, um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) deve ser cuidadosamente concebido e ter sua viabilidade analisada previamente. Uma vez validado, sua implementação deve ser igualmente criteriosa e os resultados periodicamente analisados. O uso de indicadores e a comparação entre resultados são alguns dos instrumentos para avaliação de desempenho. Conhecimento técnico-científico, organização das atividades, recursos humanos bem treinados e comprometidos, e recursos financeiros são requisitos fundamentais para um sucesso de um PRAD (SÁNCHEZ, 2010).

De acordo com Silveira Neto et al. (1995), os estudos sobre o comportamento das espécies têm sido importantes para se avaliar as alterações no ambiente. Levantamentos da fauna e da flora caracterizam-se como fundamentais para subsidiar a tomada de decisões sobre a avaliação dos impactos ambientais, bem como para elaboração e execução de programas de manejo e conservação de áreas antropizadas. A vegetação alimenta e abriga a fauna silvestre, que por sua vez, poliniza e dispersa sementes, caracterizando, assim, uma interdependência importante, inviabilizando considerações isoladas (CORRÊA; MOURA, 2010).

Ressalta-se que, através do conhecimento sobre a recuperação ambiental de áreas mineradas de bauxita, ao longo do tempo, foi possível observar que a revegetação de solos degradados é uma estratégia extremamente eficiente para reestabelecer os processos ecológicos. Vários ajustes ainda são importantes, principalmente aqueles relacionados à biomassa original, à diversidade e características físicas, químicas e biológicas do solo, quando se encontram em um estágio inicial de evolução se comparadas com as respectivas feições originais (FRANCO et al., 2010).

2.9 Gestão ambiental de empreendimentos minerários

O desenvolvimento dos estudos contemporâneos agregou, nos últimos anos, as variáveis econômicas, sociais e ambientais. Assim, surge a atividade de mineração que, pelos seus impactos socioambientais significativos, também necessita adequar-se às novas tendências de sustentabilidade. Desse modo, os empreendimentos minerários passam a internalizar a obrigatoriedade de desenvolver-se, considerando a harmonia entre os pilares ambientais e sociais (SIMÕES, 2010).

A implantação sistêmica dos processos de gestão ambiental tem sido uma das respostas das corporações a este conjunto de pressões. Logo, a gestão ambiental tem suscitado a implantação de programas convergidos ao desenvolvimento de novas tecnologias; bem como à revisão dos processos produtivos, ao estudo de ciclo de vida dos produtos e à fabricação de produtos ambientalmente viáveis em conformidade com normas legais, aproveitando as diversas oportunidades de negócios, conseqüentemente investindo na imagem corporativa (DONAIRE, 1995).

As demandas de um mercado produtor buscam a conscientização ambiental por meio de mecanismos como selos verdes e normas (Série ISO 14000), que passam a constituir características desejáveis, não somente para a aceitação e compra de bens de consumo e serviços, como também para a solidificação de uma imagem institucional ambientalmente correta perante toda a sociedade (NICOLELLA; MARQUES; SKORUPA, 2004).

Nesse contexto, Griffith, Dias e Jucksch (1996) consideram essenciais as reações dos empreendimentos minerários no Brasil frente às pressões ambientais geradas por ocasião das normas da série ISO (International Organization for Standardization), pois essas reações significam assumir um novo comportamento e maiores investimentos para atender às exigências sociais,

políticas, ambientais, mercadológicas e legais, relacionadas às atividades de recuperação das áreas mineradas.

Para compreender a relevância das estratégias de gestão no contexto da recuperação ambiental de áreas mineradas, faz-se necessário o entendimento de que as atividades antrópicas exercidas, a partir dos movimentos ecológicos iniciados na década de 70, começaram a ser questionadas pela sociedade. A desconfiança do caráter intrínseco da ciência e da tecnologia revela a necessidade de uma maior fiscalização das atividades econômicas, e uma crescente preocupação com os fenômenos naturais e com os resultados significativos da sua ocorrência. Surgiu, a partir de então, a formalização das primeiras exigências legais, das primeiras restrições administrativas, as progressivas sanções financeiras para as ações degradadoras e poluidoras e, por fim, a proibição do exercício daquelas atividades consideradas como de significativo impacto ambiental (HERRMANN, 2010).

A mineração da atualidade passou por profundas alterações, devido à obrigatoriedade do cumprimento integral da legislação ambiental associada à mineração, adequando-se a um contexto sustentável. Essa visão de sustentabilidade no setor minerário nacional existe em função das exigências legais determinadas atualmente pelo direito ambiental e não pelo próprio direito minerário. A promulgação da atual Constituição Brasileira e as leis ambientais posteriores, geraram demandas severas ao setor mineral, especialmente o licenciamento ambiental. Essas obrigações geraram meios de acompanhamento formal das diferentes situações sobre a exploração dos recursos minerais, na tentativa de garantir o retorno social e ambiental atrelado (SIMÕES, 2010).

Em função do avanço da legislação ambiental brasileira, as leis referentes ao setor minerário foram em parte revogadas, necessitando adequar-se às novas exigências. Desse modo, às penalidades previstas no Código de Mineração foram incluídas aquelas contidas na Lei 9.605/98 (Lei de Crimes

Ambientais); houve também a obrigatoriedade do prévio licenciamento para as atividades minerárias (Lei 7.805/89), dos Planos de Aproveitamento Econômico de jazidas (lei 6.567/78), do Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) (Decreto 99.274/90 e Resolução CONAMA 001/86) e do Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) (SIMÕES, 2010).

De acordo com Viera (2011), a regulamentação legal da atividade da mineração, através do Decreto Lei nº 227, de 28/02/1967 (Código de Mineração), traz consigo aspectos ambientais e sociais importantes. No contexto analisado destacam-se os seguintes incisos do Artigo 47 conforme segue:

VIII - Responder pelos danos e prejuízos a terceiros, que resultarem, direta ou indiretamente, da lavra; IX - Promover a segurança e a salubridade das habitações existentes no local; X - Evitar o extravio das águas e drenar as que possam ocasionar danos e prejuízos aos vizinhos; XI - Evitar poluição do ar, ou da água, que possa resultar dos trabalhos de mineração; XII - Proteger e conservar as Fontes, bem como utilizar as águas segundo os preceitos técnicos [...]; XIII - Tomar as providências indicadas pela Fiscalização dos órgãos Federais; XIV - Não suspender os trabalhos de lavra, sem prévia comunicação ao D.N.P.M.; XV - Manter a mina em bom estado, no caso de suspensão temporária dos trabalhos de lavra, de modo a permitir a retomada das operações. No que diz respeito à recuperação de área mineira degradada o Decreto Federal nº 97.632, de 10 de abril de 1989, também trata das questões ambientais da mineração no Brasil. Tem como exigência principal o Plano de Recuperação da Área Degradada (PRAD), já na apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Também há a portaria nº 237, de 18 de outubro de 2001, alterada pela portaria nº 12, de 22 de janeiro de 2002, do Ministério de Minas e Energia, que instituiu a Norma nº 20 que trata da suspensão, do fechamento, e da retomada das operações mineiras. Essa norma determina a adoção de diversas medidas administrativas, operacionais, e socioespaciais, pelos responsáveis do empreendimento visando à prevenção de impactos. A recuperação de área minerada também é

determinada pelos artigos 20, 176 e 225 da Constituição Federal, pelo artigo 19 da Lei Federal nº 7.805/1989, Decreto Federal nº 99.274, de 6 de junho de 1990, e artigo 55, da Lei Federal nº 9.605/1998 (VIEIRA, 2011, p. 12).

As leis ambientais e minerais determinam as melhores práticas para gerenciamento de um empreendimento minerário, conciliando os diferentes interesses da sociedade atual. Sob essa perspectiva é possível determinar a gestão mineroambiental como a forma com que se pretende ponderar e resolver situações relacionadas a problemas conjunturais e sistêmicos específicos. Para tanto, conhecer o espaço físico da paisagem onde haverá intervenção e das realidades locais faz-se urgente e é necessária a busca alternativa de possíveis soluções para os diversos problemas ambientais. O conhecimento dessa sistemática e sua utilização coerente, mediante a regulamentação adequada é a maneira mais eficaz de se evitar conflitos, garantindo uma coexistência pacífica e duradoura entre os diversos atores envolvidos (HERRMANN, 2010).

2.10 Propriedades físicas dos solos no contexto da recuperação ambiental

Segundo Araújo, Ker e Neves (2012), a sociedade, através de suas diferentes demandas condicionam o estado de conservação do solo. Franco et al. (2010) posicionam as atividades de recuperação ambiental em processo de amadurecimento, uma vez que, nos trabalhos de recuperação ainda não existe a compreensão da necessidade de melhoria das características gerais do substrato para, posteriormente, iniciarem as etapas de revegetação. Corrêa e Bento (2010), afirmam que as atividades de recuperação ambiental de áreas mineradas devem, inicialmente, focar o fortalecimento do sistema edafológico, através de técnicas que melhorem a qualidade física do solo.

Como se sabe, o solo é o substrato fundamental de toda vida terrestre. Também são pressupostos para o desenvolvimento vegetal, para a atividade de

microrganismos, além de ser a base para a drenagem e reciclagem de inúmeros grupos de resíduos. A busca do entendimento sobre os componentes do solo e seus comportamentos dentro da biosfera, advém da curiosidade natural do ser humano, bem como de suas necessidades. Contudo, o aumento da pressão antrópica tem diminuído a disponibilidade deste recurso e a importância de manejá-lo corretamente, em um contexto sustentável, é responsabilidade de toda sociedade (FERREIRA et al., 2003).

É de vital importância a compreensão de que os solos necessitam ser considerados como um recurso natural fundamental aos ecossistemas terrestres, pois só assim serão utilizados e manejados corretamente (MAGALHÃES; CUNHA, 2007). Entretanto, definir a qualidade do solo é de extrema dificuldade, pois depende de suas propriedades intrínsecas, de suas interações ambientais e, ainda, das características de uso e manejo, sendo essas influenciadas direta ou indiretamente por aspectos socioeconômicos e políticos (COSTA; GOEDERT; SOUSA, 2006).

A física do solo é um ramo da ciência do solo que visa à determinação das características ou atributos físicos de um solo, bem como a medição, predição e controle dos processos físicos que ocorrem dentro e através do solo, possibilitando que o estudo da física do solo possua naturezas distintas. A utilização conceitual permite que seja aplicada ao equacionamento de problemas gerados pela utilização do solo para diferentes propósitos, em outros ramos da ciência do solo, e também em outras áreas do conhecimento científico, que utilizam o solo como objeto de estudo (FERREIRA, 2010), inclusive na recuperação ambiental de áreas degradadas.

O manejo do solo modifica suas propriedades físicas em relação ao solo em suas condições naturais. Essas modificações são mais evidentes nos sistemas convencionais de mecanização em relação àqueles considerados conservacionistas, as quais se refletem, normalmente, na densidade do solo,

volume e distribuição de tamanho dos poros e estabilidade dos agregados, influenciando diretamente a infiltração da água, a erosão hídrica e o estabelecimento e desenvolvimento das plantas (BERTOL et al., 2004).

Em virtude dessas situações de degradação, novas tecnologias embasadas em práticas conservacionistas são desenvolvidas sobre as condições subtropicais, minimizando os problemas gerados por ocasião das atividades de mecanização para o preparo do solo. Estes trabalhos sobre sistemas conservacionistas iniciaram-se a partir de 1975 e atingiram seu auge, com maior aplicabilidade, nas décadas de 1980 e 1990 (LLANILLO et al., 2006).

A sustentabilidade no uso dos recursos naturais, em especial do solo e da água, tem-se firmado como tema de grande relevância, isso, em função do aumento das intervenções humanas; conseqüentemente, aumenta a preocupação com o uso racional e com a qualidade desses recursos (ARAÚJO; GOEDERT; LACERDA, 2007).

O pressuposto principal para a avaliação da sustentabilidade de um sistema de manejo é permitir a manutenção das propriedades físicas do solo o mais próximo possível das condições originais em que este se encontrava no ambiente natural. Entretanto, mais que a proximidade das condições originais, está a potencialidade produtiva do solo de forma economicamente viável (LLANILLO et al., 2006).

O principal desafio dos trabalhos acerca da sustentabilidade se refere ao desenvolvimento de metodologias voltadas à avaliação da qualidade do solo e do ambiente, sob a interferência antrópica. Existe, atualmente, um grande esforço entre as diferentes disciplinas no intuito de quantificar os diferentes atributos que se relacionam com a sustentabilidade, traduzindo-os na forma de indicadores de qualidade do solo (MELLONI et al., 2008).

Um dos principais objetivos das pesquisas visando o manejo dos solos é a identificação e o desenvolvimento de sistemas de manejo, que sejam adaptados

às condições edafoclimáticas, culturais e sociais de uma região específica. No âmbito técnico, um sistema de manejo tem que contribuir para a manutenção ou melhoria da qualidade do solo e do ambiente, priorizando métodos e técnicas que sejam adequadas aos sistemas produtivos, a fim de garantir a produtividade em longo prazo (COSTA et al., 2003).

Sabendo que o solo é um recurso natural, a utilização de indicadores da sua qualidade visando à avaliação da sustentabilidade ambiental é de fundamental importância. Assim, a avaliação dessa qualidade através dos atributos do solo é bastante complexa em função das inúmeras características de um solo, sua aptidão a determinado uso, as diversas interações entre os fatores físicos, químicos e biológicos, que controlam os processos naturais envolvidos, e também, em função dos aspectos relacionados às suas alterações, ao longo do tempo e no espaço (MELLONI et al., 2008).

Os possíveis impactos do tipo de uso e do manejo na qualidade física do solo vêm sendo quantificados através das diferentes propriedades físicas relativas à sua forma e estabilidade estrutural, como por exemplo: a estabilidade de agregados, a densidade e a porosidade do solo (ARATANI et al., 2009).

A detecção das alterações na qualidade do solo deve ser orientada pelas atividades de monitoramentos, através de variáveis mensuráveis ao longo do tempo. Esse monitoramento pode ser realizado nas propriedades agrícolas ou em unidades mais amplas, como nas microbacias hidrográficas e microrregiões. Desta forma, tem-se como objetivo primordial, facilitar a comparação da qualidade dos solos em condições naturais e submetidos a diferentes usos, é possível a determinação de diversos índices quantitativos de qualidade de solos, como por exemplo: os índices de salinidade, de erodibilidade, entre outros; ou a adoção de linhas de modelagem (ARAÚJO; GOEDERT; LACERDA, 2007).

A deterioração dos atributos físicos do solo é um dos principais responsáveis pela diminuição da qualidade das características estruturais e

aumento da erosão ocasionada pela ação da água. Diferentes práticas de manejo mal dimensionadas podem provocar modificações nos referidos atributos físicos, especialmente, na sua estrutura, podendo, essas modificações, serem inalteráveis ou transitórias (BERTOL et al., 2001).

O processo de erosão hídrica do solo promove a desestruturação dos aglomerados do solo através do impacto das gotas de chuva, seguido pelo transporte e conseqüente deposição pelo escoamento superficial sobre o solo ou nos cursos d'água. Esse escoamento começa na forma de fluxo laminar raso, o que já caracteriza a erosão (BEZERRA; CANTALICE, 2009; SILVA et al., 2010). Essa pode ser ativada em função do aumento desse fenômeno, que é influenciado pela topografia da área, agravando-se pela ação antrópica (SILVA et al., 2010), na forma de voçorocas.

A erosão é uma ocorrência com severas implicações sobre os recursos naturais e, tem gerado preocupação para os governos e para a sociedade de todo o mundo. O aspecto principal desse fenômeno tem sido considerado limitante à própria existência da humanidade. Essa situação converge, de forma imediata, para a importância da quantificação e controle dos principais agentes causadores dos processos erosivos. A necessidade de proposição de métodos capazes de avaliar precisamente as estimativas das perdas de solo e água tem gerado um grande número de trabalhos científicos (SILVA et al., 2010).

As práticas de mecanização para o preparo do solo influenciam a ocorrência da erosão hídrica nas áreas manejadas, modificando o microrrelevo e a cobertura orgânica do solo advinda dos resíduos vegetais, promovendo a exposição da superfície do solo às intempéries (PANACHUKI et al., 2011).

O microrrelevo do solo, coligido pelas operações de preparo e influenciado pela matéria orgânica existente, é importante para a retenção e infiltração de água no solo, elevando sua capacidade de armazenamento em superfície e, assim, minimizando os impactos do escoamento superficial. A

rugosidade da superfície do solo é reduzida gradualmente pela ação das chuvas e pelo escoamento superficial, enquanto a rugosidade criada pelos resíduos vegetais confere ao solo uma maior estabilidade temporal (PANACHUKI et al., 2010).

A infiltração da água no solo é definida como a passagem de água da superfície para dentro do solo, caracterizando um dos mais importantes processos do ciclo hidrológico, pois, determina a disponibilização da água para a vegetação e para a recarga dos aquíferos subterrâneos. Caracterizar todas as

variáveis que influenciam na infiltração é fundamental para o manejo adequado do solo, entretanto configura-se como um processo demorado e complicado (CECÍLIO et al., 2003).

Outras situações relacionadas à física do solo influenciam no estabelecimento e desenvolvimento das plantas, dentre as quais está à compactação, que pode ser considerada uma dos mais importantes. A compactação é a ação pela qual a agregação e as partículas do solo são rearranjadas após um distúrbio, apresentando alteração em seus tamanhos e formas. Essa situação gera uma diminuição do espaço poroso e aumento na densidade do solo (HANZA; ANDERSON, 2005).

A estrutura do solo é influenciada direta ou indiretamente por processos e fenômenos agrônômicos e ambientais, como a retenção e a infiltração de água, a susceptibilidade à erosão, a aeração, a atividade microbiana, dentre outros. Para o desenvolvimento estrutural do solo se faz necessária a atração entre partículas primárias do solo, em que esse processo é conhecido como agregação, sendo diretamente determinado pela ação de agentes ligantes, como por exemplo: a matéria orgânica, a atividade microbiana, o desenvolvimento radicular e os ciclos de secagem e umedecimento. A floculação das partículas primárias do solo é a primeira etapa para que haja a agregação, sendo que toda

prática que modifique o balanço entre as cargas elétricas no solo afetará sua estrutura (RESENDE et al., 2012).

A intensificação da mecanização agrícola pode resultar na compactação do solo, gerando impactos negativos sobre sua estrutura física. Tem-se observado o aumento dos problemas de compactação em áreas de tráfego pesado de máquinas e equipamentos, principalmente quando realizadas sem se considerar a umidade do solo (HDADI et al., 2009). Segundo Machado et al. (2005), os teores de água do solo, no momento das intervenções, podem determinar a intensidade da compactação.

Silva et al. (2012), verificaram um menor crescimento no diâmetro do caule de plantas oleaginosas, com o aumento da compactação. Esse resultado permite inferências sobre o comprometimento do desenvolvimento vegetal em função de impedimento físico do solo, ou seja, da compactação; afetando o sistema radicular interfere-se diretamente na parte aérea da planta; podendo também afetar seu desenvolvimento fenológico.

Conhecer o estado da compactação do solo é fundamental para se definir possíveis metodologias visando minimizar os impactos gerados pelo uso do solo (GONTIJO et al., 2007). Várias são as possibilidades para mitigação desse problema, como, a utilização de plantas específicas, como as gramíneas forrageiras que melhoram rapidamente a qualidade física do solo, aumentando a porosidade do mesmo e conferindo maior estabilidade de agregados em água (KONDO et al, 2012). Também a utilização de práticas mecânicas de descompactação do solo por meio da escarificação ou subsolagem é muito frequente.

Deste modo, caracterizar e monitorar as condições do solo é essencial para detectar tendências de mudanças nas propriedades físicas do solo, que são mensuráveis, ao longo do tempo (THEBALDI et al., 2012), e de vital importância dentro do contexto da recuperação ambiental de áreas mineradas.

3 HIPÓTESES

- a) A mineração de bauxita na região estudada, quando realizada da forma tecnicamente adequada através da utilização dos devidos controles ambientais, gera impactos socioambientais pontuais, podendo muitas vezes ser reversíveis (Artigo I).
- b) Os processos de mineração e recuperação ambiental de áreas mineradas em campos altimontanos alteram, significativamente, as propriedades físicas do solo (Artigo II).
- c) Os campos de altitude são ambientes verdadeiramente ricos, com grande diversidade florística, sendo possível através de estudos fitossociológicos, determinar as espécies mais importantes da assembléia de plantas herbáceas e subarbustivas, em função das características propícias de ocupação no espaço, para utilização nas atividades de recuperação ambiental das jazidas de bauxita após a atividade de lavra (Artigo III).

4 OBJETIVO GERAL

Objetivou-se, no presente trabalho, contribuir para o conhecimento ambiental envolvido no processo de mineração de bauxita, bem como acerca dos campos altimontanos sobre interferência dos projetos minerários; gerando informações sobre a ecologia das comunidades campestres altimontanas situadas sobre corpos de bauxita e sobre as condições físicas desses solos.

4.1 Objetivos Específicos

- a) Caracterizar a mineração de bauxita no Planalto de Poços de Caldas, MG, analisando seus principais impactos socioambientais (Artigo I).
- b) Avaliar as propriedades físicas dos solos ocupados naturalmente pelos campos de altitude sobre corpos de bauxita, comparando-as com aquelas encontradas após a atividade de lavra (Artigo II).
- c) Gerar conhecimento acerca da ecologia das comunidades campestres altimontanas sobre corpos de bauxita, possibilitando inferências sobre espécies campestres potenciais, para utilização nos processos de recuperação ambiental das áreas mineradas (Artigo III).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do arcabouço teórico levantado por ocasião da ampla revisão literária, bem como através dos ensaios, experimentos e levantamentos realizados, foi possível não só validar as hipóteses inicialmente formuladas, mas também gerar informações importantes para subsidio técnico-científico de programas de conservação e de recuperação dos campos de altitude, sobre a pressão de empreendimentos minerários de bauxita.

O estudo desenvolvido permitiu a reflexão sobre assuntos relacionados à avaliação de impactos socioambientais gerados pela mineração de bauxita, na região Sul do estado de Minas Gerais; confirmou as suposições de alterações da estrutura do solo, em função do processo de mineração e recuperação; e, por fim, comprovou a grande diversidade vegetal herbácea e subarborescente presentes nos campos altimontanos sob interferência dos projetos minerários, visualizando possibilidades técnicas de encremento das práticas de recuperação ambiental das áreas mineradas.

Este trabalho permitiu ainda, detectar a deficiência na quantidade de estudos científicos abordando os ambientes campestres de altitude e seus componentes bióticos e abióticos, mostrando o quanto ainda precisa ser feito em termos científicos.

Sugerem-se outros estudos a respeito da fertilidade e microbiologia dos solos desses ambientes, estudos fenológicos e fisiológicos das diversas populações dessa fitofisionomia, levantamentos e monitoramento dos diversos grupos da fauna existente, trabalhos que conduzam às inovações tecnológicas operacionalmente viáveis no âmbito da recuperação ambiental das áreas mineradas e estudos de dinâmica da vegetação, subsidiando a formulação de normas legais a respeito da conservação desses ambientes tão especiais e ameaçados.

REFERÊNCIAS

- ARATANI, R. G. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 677-687, maio/jun. 2009.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 187-206, jan./abr. 2012.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.
- ASSIS, R. L. et al. Comportamento da umidade e do armazenamento de água no solo em plantio de *Eucalyptus urophylla* sob diferentes espaçamentos em comparação com a vegetação de cerrado na região de Bocaiúva, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 1, p. 79-86, jan./mar. 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. **Relatório de sustentabilidade 2012**. São Paulo, 2012. 66 p.
- BARROS, D. A. et al. Characterization of the bauxite mining of the Poços de Caldas alkaline massif and its socio-environmental impacts. **REM: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 65, n. 1, p. 127-133, jan./mar. 2012.
- BASSANI, M. A. Fatores psicológicos da percepção da qualidade ambiental. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (Ed.). **Indicadores ambientais: conceitos aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. p. 47-58.
- BERTOL, I. et al. Physical properties of an haplumbrept as affected by soil management. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, 2001.
- BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 155-163, 2004.

- BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B. Influência da cobertura do solo nas perdas de água e desagregação do solo em entressulcos. **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 18-28, 2009.
- BOLLMANN, H. A. Metodologia para avaliação ambiental integrada. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (Ed.). **Indicadores ambientais: conceitos aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. p. 15-46.
- CAIAFA, A. N.; SILVA, A. F. A análise estrutural da vegetação em um planalto granítico afloramento rochoso no Sudeste Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 657-664, out./dez. 2007.
- CALMON, M. et al. Ecological restoration in the Atlantic Forest of Brazil. **Restoration Ecology**, Washington, v. 19, n. 2, p. 154-158, Mar. 2011.
- CAPELO, J. **Conceitos e métodos da fitossociologia: formulação contemporânea e métodos numéricos de análise de vegetação**. Lisboa: Estação Florestal Nacional; Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, 2003. 107 p.
- CASTRO, L. M.; BARROS, D. A.; PEREIRA, A. A. S. Monitoramento de águas superficiais em área de exploração de bauxita, no planalto de Poços de Caldas, Minas Gerais. **Revista Científica Aprender**, Varginha, v. 3, n. 1, 2009. Disponível em: <<http://revista.fundacaoaprender.org.br/index.php?id=123>>. Acesso em: 10 dez. 2013.
- CAVALCANTE, J. C. et al. **Projeto Sapucaí: relatório final de geologia**. Brasília: DNPM/CPRM, 1979. 299 p. (Série Geológica, 4. Seção Geologia Básica, 2).
- CECÍLIO, R. A. et al. Modelagem da infiltração de água no solo sob condições de estratificação utilizando-se a equação de Green-Ampt. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 415-422, 2003.
- CORDEIRO, I. et al. **Plano de manejo da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Morro Grande**. Poços de Caldas: CEMASI, 2008. 66 p.
- CORRÊA, R. S.; BENTO, M. A. B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no DF. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1435-1443, jul./ago. 2010.

CORRÊA, B. S.; MOURA, A. S. Diversidade de Mastofauna no município de Arcos, MG. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 5., 2010, Maceió. **Anais...** Maceió: CONNEPI, 2010. 1 CD-ROM.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, jul. 2006.

COSTA, F. S. et al. Physical properties of a south Brazilian Oxisol as affected by no-tillage and conventional tillage systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 527-535, jun. 2003.

CRISTOFOLETTI, A. **Enciclopédia mirador internacional**. Rio de Janeiro: Britannica, 1972. v. 1.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário mineral 2010**. Brasília, 2010. 128 p.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. São Paulo: Atlas, 1995. 130 p.

ELLERT, R. Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas. **Boletim Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 237, n. 18, p. 5-63, 1959.

FERNANDES, M. R. et al. (Coord.). **Poços de Caldas: caracterização de ecossistemas**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2003. 56 p.

FERREIRA, E. S.; LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. Sustentabilidade no setor de mineração: uma aplicação do modelo pressão-estado-impacto-resposta. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 74-91, jul./set. 2010.

FERREIRA, G. L. B. V.; FERREIRA, N. B. V. Mining and environment in the Federal Constitution. **Cadernos de Direito**, Piracicaba, v. 11, n. 20, p. 111-124, jan./jun. 2011.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: QUIRIJN, J. L. (Org.). **Física do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. v. 1, p. 1-27.

FERREIRA, M. M. et al. **Física do solo**. Lavras: UFLA, 2003. 79 p.

- FRANCO, A. A. et al. Experiência em projetos de recuperação de áreas degradadas por mineração: revegetação de áreas degradadas pela mineração e processamento de bauxita. In: ALBA, J. M. F. (Ed.). **Recuperação de áreas mineradas**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2010. p. 303-322.
- GARDNER, J. H.; BELL, D. T. Bauxite mining restoration by Alcoa World Alumina Australia in Western Australia: social, political, historical, and environmental contexts. **Restoration Ecology**, Washington, v. 15, n. 4, p. S3-S10, Dec. 2007.
- GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C. Aplicação do método científico em estudos fitossociológicos no Brasil: em busca de um paradigma. In: FELFILI, J. M. et al. (Ed.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Viçosa, MG: UFV, 2011. p. 23-43.
- GIULIETTI, A. M. et al. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. **Megadiversidade**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 52-61, jul. 2005.
- GONTIJO, I. et al. Planejamento amostral da pressão de preconsolidação em um latossolo vermelho distroférico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1245-1254, 2007.
- GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I. Recuperação de áreas degradadas usando vegetação nativa. **Saneamento Ambiental**, São Paulo, n. 37, p. 28-37, 1996.
- GUIMARÃES, J. C. C. et al. Dinâmica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria aluvial no planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 621-632, out./dez. 2008.
- HANZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 82, n. 2, p. 121-145, 2005.
- HDADI, K. S. et al. A method for predicting soil susceptibility to the compaction of surface layers as a function of water content and bulk density. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 96-103, Nov. 2009.

HERRMANN, H. Estratégias de gestão em recuperação de áreas degradadas por mineração: recuperação socioambiental de áreas mineradas. In: ALBA, J. M. F. (Ed.). **Recuperação de áreas mineradas**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2010. p. 123-146.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Informações e análises da economia**. Brasília, 2012. 68 p.

KOCH, J. M. Alcoa's mining and restoration process in South Western Australia. **Restoration Ecology**, Washington, v. 15, n. 4, p. 11-16, 2007.

KONDO, M. K. et al. Efeito de coberturas vegetais sobre os atributos físicos do solo e características agronômicas do sorgo granífero. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 33-40, Mar. 2012. Supplement.

LAMB, D.; GILMOUR, D. **Rehabilitation and restoration of degraded forests**. Gland: IUCN-The World Conservation Union, 2003. 122 p.

LEITE, F. A. S.; NEVES, M. P. Reflexões sobre fechamento de mina. **E-Scientia**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, nov. 2008. Disponível em: <<http://revistas.unibh.br/index.php/dcbas/article/view/110/62>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

LITTLE, P. **Políticas ambientais no Brasil: análises, instrumentos e experiências**. São Paulo: Peirópolis, 2003. 467 p.

LLANILLO, R. F. et al. Evolution of physical properties of soils according to tillage systems on annual crops. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 205-220, 2006.

LONGENECKER, J. G. **Introdução à administração: uma abordagem comportamental**. São Paulo: Atlas, 1991. 301 p.

MACHADO, A. L. T. et al. Influence of tire tractor pressure inflation in the cone index resistance. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 481-486, out./dez. 2005.

MAGALHÃES, V. L.; CUNHA, J. E. Uso e degradação do solo no fundo de vale da Sanga Creoula, distrito de Margarida, município de Marechal Cândido Rondon, PR. **Geografia**, Londrina, v. 16, n. 2, p. 49-62, 2007.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

MELLONI, R. et al. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de minas gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 2461-2470, nov./dez. 2008.

MOCOCHINSKI, A. Y.; SCHEER, M. B. Campos de altitude na Serra do Mar paranaense: aspectos florísticos. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 4, p. 625-640, out./dez. 2008.

MORAES, F. T. **Zoneamento geoambiental do planalto de Poços de Caldas, MG/SP a partir de análise fisiográfica e pedoestratigráfica**. 2007. 173 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

MORAES, F. T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. Fisiografia da região do planalto de Poços de Caldas, MG/SP. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 196-208, mar. 2008.

MORAES, L. F. D.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 437-451, 2010.

MOREIRA, A. A. N.; CAMELIER, C. Relevo. In: _____. **Geografia do Brasil, região Sudeste**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1977. p. 1-50.

MUNHOZ, C. B. R.; ARAÚJO, G. M. Métodos de amostragem do estrato herbáceo-subarbuscivo. In: FELFILI, J. M. et al. (Ed.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Viçosa, MG: UFV, 2011. p. 213-230.

NICOLELLA, G.; MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A. **Sistema de gestão ambiental**: aspectos teóricos e análise de um conjunto de empresas da região de Campinas, SP. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004. 42 p. (Documentos, 39).

OLIVEIRA, R. E.; ENGEL, V. L. A restauração ecológica em destaque: um retrato dos últimos vinte e oito anos de publicações na área. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 303-315, 2011.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. **Catálogo das árvores nativas de Minas Gerais:** mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 2006. 423 p.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; JARENKOW, J. A.; RODAL, M. J. N. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns. In: PENNINGTON, R. T.; RATTER, J. A.; LEWIS, G. P. (Ed.). **Neotropical savannas and dry forests:** plant diversity, biogeography and conservation. Boca Raton: CRC, 2006. p. 151-184.

PANACHUKI, E. et al. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 5, p. 1777-1785, set./out. 2011.

PANACHUKI, E. et al. Rugosidade da superfície do solo sob diferentes sistemas de manejo e influenciada por chuva artificial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 443-452, 2010.

PARISI, C. A. Jazidas de bauxita da região de Poços de Caldas, Minas Gerais, São Paulo. In: SCHOBENHAUS, C.; COELHO, C. E. S. (Ed.). **Principais depósitos minerais do Brasil**. Brasília: DNPM/CVRD, 1988. v. 3, p. 661-666.

PEREIRA, J. A. A.; FONTES, M. A. L. **Plano de manejo do parque municipal da serra de São Domingos**. Lavras: UFLA, 2009. 331 p.

PEREIRA, S. C. **Contribuição ao conhecimento das gramíneas de Poços de Caldas, MG**. 1986. 516 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1986.

PILLON, C. N.; MIURA, A. K.; ALBA, J. M. F. Potencialidades dos subprodutos da mineração na agricultura: agricultura no contexto da recuperação de áreas mineradas. In: ALBA, J. M. F. (Ed.). **Recuperação de áreas mineradas**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2010. p. 31-46.

PORTO, M. L. **Comunidades vegetais e fitossociologia:** fundamentos para avaliação e manejo. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 240 p.

REIS, R. C.; SOUSA, W. T. Métodos de lavra de rochas ornamentais. **REM: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 56, n. 3, p. 207-209, 2003.

- RESENDE, T. M. et al. Evaluation of physical soil under different uses in areas with added animal waste in the cerrado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 179-184, Mar. 2012. Supplement.
- RIBEIRO, K. T.; FREITAS, L. Impactos potenciais das alterações no Código Florestal sobre a vegetação de campos rupestres e campos de altitude. **Biota Neotropical**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 293-246, out./dez. 2010.
- ROMANO, E.; ROMANO, P. A.; FEITOSA, V. M. N. Gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos e a mineração: riscos e oportunidades. In: DOMINGUES, A. F.; BÓSON, P. H. G.; ALIPAZ, S. A. (Ed.). **Gestão dos recursos hídricos e a mineração**. Brasília: ANA, 2006. p. 53-67.
- ROVARON, C. E. **Ocupação da microregião da caldeira vulcânica de Poços de Caldas, MG**. 2007. 240 p. Dissertação (Mestrado em História Econômica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- SAFFORD, H. D. Brazilian Páramos I: an introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 26, n. 4, p. 693-712, July 1999.
- SAFFORD, H. D. Brazilian Páramos IV: phytogeography of the campos de altitude. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 34, n. 10, p. 1701-1722, June 2007.
- SÁNCHEZ, L. E. Estratégias de gestão em recuperação de áreas degradadas por mineração: planejamento e gestão do processo de recuperação de áreas degradadas. In: ALBA, J. M. F. (Ed.). **Recuperação de áreas mineradas**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2010. p. 103-122.
- SÁNCHEZ, L. E. Planejamento para fechamento prematuro de minas. **REM: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 64, n. 1, p. 117-124, 2011.
- SILVA, J. V. et al. Perdas de solo e água por erosão hídrica em floresta equiânea em um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 579-584, 2010.
- SILVA, S. D. et al. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular do Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) e Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst). **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 5, n. 2, p. 87-97, maio/ago. 2012.

SILVEIRA NETO, S. et al. Uso da análise faunística de insetos na avaliação do impacto ambiental. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 9-15, 1995.

SIMÕES, H. C. G. Q. Mineração: perspectiva de sustentabilidade a partir do Direito Ambiental. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, Macapá, v. 1, n. 2, p. 127-138, 2010.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. Tucson, 2004. Disponível em: <<http://www.ser.org>>. Acesso em: 9 dez. 2012.

THEBALDI, M. S. et al. Modelo de capacidade de suporte de carga de dois solos e impacto por tráfego humano. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 3, n. 1, p. 57-69, 2012.

VASCONCELOS, M. F. O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil? **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 241-246, 2011.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 88 p.

VIEIRA, E. A. A (in) sustentabilidade da indústria da mineração no Brasil. **Estação Científica**, Macapá, v. 1, n. 2, p. 1-15, 2011.

WILLIAMS, D. **Memorial da Companhia Geral de Minas: seus 65 anos (1935 - 2000) e apontamentos da mineração no planalto de Poços de Caldas**. Poços de Caldas: Alcoa, 2001. 151 p.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1 Characterization of the bauxite mining of the poços de caldas alkaline massif and its socio-environmental impacts

Dalmo Arantes de Barros; João Carlos Costa Guimarães; José Aldo Alves Pereira; Luis Antônio Coimbra Borges; Rossi Allan Silva; Alexandre Augusto Spadoni Pereira

Artigo publicado na Revista Escola de Minas (REM), Ouro Preto, v. 65, n. 1, p. 127-133. Jan./Mar. 2012.

**CHARACTERIZATION OF THE BAUXITE MINING OF THE POÇOS
DE CALDAS ALKALINE MASSIF AND ITS SOCIO-
ENVIRONMENTAL IMPACTS**

**CARACTERIZAÇÃO DA MINERAÇÃO DE BAUXITA NO MACIÇO
ALCALINO DE POÇOS DE CALDAS E SEUS IMPACTOS
SOCIOAMBIENTAIS**

Resumo: O uso intensivo dos recursos minerais traz consigo alterações significativas no meio ambiente. O setor minerário é fundamental para a economia mundial, desde que operado em bases tecnicamente coerentes, socialmente justas e ambientalmente corretas. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a mineração de bauxita no planalto de Poços de Caldas - MG, analisando seus respectivos impactos socioambientais. Por meio do panorama apresentado, concluiu-se que a mineração de bauxita realizada no planalto de Poços de Caldas, na maioria das situações, mitiga seus respectivos impactos socioambientais negativos de forma satisfatória, além de gerar impactos sociais positivos; os métodos de restauração dos ecossistemas perturbados pela mineração vêm sendo aperfeiçoados continuamente e há necessidade que sejam reproduzidos nos empreendimentos de pequeno e médio porte.

Palavras-chave: Mineração, impactos socioambientais, meio ambiente.

Abstract: The intensive use of mineral resources brings along significant changes to the environment. The mining sector is essential for world economics, as long as it is operated on a basis that is technically coherent, socially fair and environmentally correct. This study aimed to characterize the bauxite mining of the Poços de Caldas plateau, MG, investigating its respective socio-environmental impacts. Through the overview presented, one can conclude that in most situations, the bauxite mining at the Poços de Caldas plateau mitigates its negative social and environmental impacts in a satisfactory manner in addition to generating positive social impacts; and the restoration methods of the mining-disturbed ecosystems have been continually improved and should be replicated by small-and-medium-sized companies.

Keywords: Mining, social and environmental impacts, environment.

1. INTRODUCTION

One of the main causes of modifications in environment has been the advent of the industrialization process, this being, responsible for the acceleration of the demand on the natural resources on a short term (Borges et al., 2009). The growth of the cities and towns in the last decades have increased the pressure upon the natural resources all over the planet, it being the case that, practically there is no ecosystem which has not undergone direct influence and/or indirect of the man-made actions, resulting into the decrease of the diversity of habitats and consequent loss of biodiversity.

Mining is an operation impacting on the environment which generally does not represent extended large areas especially when compared with the other impacting agents such as farming and livestock rising. Nevertheless, its environmental effects are severe, due to its deep movement of the soil layers, plant cover removal and alteration of the water run-off regime, becoming a potential source of problems of physical, chemical and biological nature. Knowing previously the problems associated with both the installation and operation of the business by means of the instruments of evaluation of impacts and environmental planning, one can adopt measures which either prevent or mitigate them, reducing environmental damages and, consequently the costs involved in its mitigation (Bacci et al., 2006).

Currently it is the consensus that the planning of the mining closure should be designed even before the start of the mining operations, undergoing reviews along the useful life of the ore deposit, since the social, economic and environmental parameters tend towards change from a generation to another. In this sense, Sánchez (2011) stresses the uncertainties in the planning, which involves mine closure. This planning should involve all the parties concerned, encompassing all from the employees and suppliers up to the neighboring

players in order to leave a positive and lasting legacy in the community (ICMM, 2008), making an extremely complex challenge.

For the planning of the mining operation, the knowledge of the respective associated impacts is fundamental. Thus, the present work aims at characterizing bauxite mining in the Poços de Caldas plateau, MG, as well as investigating the significant social and environmental impacts generated by the mining operations.

2. GENERAL CHARACTERIZATION OF THE REGION

The Poços de Caldas Plateau situated in a range region of which geological substrate is constituted by an alkaline massif in a approximately circular shape, covering an area of 6,558 km² (Cavalcante et al., 1979). The altitudes ranged between 1,000 and 1,300 m with culminating points above 1,640 m. This area is encompassed by drainage network belonging to the Paraná River drainage basin, Rio Grande sub-basin (Gatto et al., 1983).

The climate is of the type Cwb, altitude subtropical, according to the Köppen climate classification (mesothermal with mild summers and dry winter's drought). The rain season extends from October to March; the average annual rainfall rate is 1,482 mm. The annual average temperature is of 19.9°C, whereby, the absolute minimum and maximum temperatures are respectively - 6.0°C and 31.7°C. Average annual relative humidity is 79% (Poços de Caldas, 1992).

3. CHARACTERIZATION OF BAUXITE DEPOSITS

The first record of the occurrence of bauxite in the Poços de Caldas Plateau dates back to 1919 when geologist John Branner recorded the presence of bauxite in the region in his book on the geology of Brazil (Williams, 2001). Since then, there are a number of works conducted about the geology of the region, addressing subjects such as mineral resources, thermal waters among others (Moraes, 2007).

Ellert (1959) developed one of the most important works about the geology of the plateau, both for the pioneering and for the amount of information and for the quality of the information and recognized the volcanic nature of the region. The author presented a synthesis of the works which had been conducted about the region in his paper entitled “Contribution to the Geology of the Poços de Caldas Alkaline Massif”.

According to Parisi (1988), the deposits are classified into two types: a) the steep mountain slope deposits (*jazidas de serra*), formed by the decomposition of the alkaline rocks of the ring dike which delimits the plateau (northern part), their being homogeneous and highly thick (sometimes thicker than 10 m), but with smaller distribution in area than the deposits situated in the interior of the plateau. The ore is compact in the surface and porous in the lower part, commonly forming directly over the bedrock without the presence of a clayey layer. Generally, it is found in native forest-covered areas; b) grassland deposits are the ones formed in the interior of the plateau on the tops of rolling hills, presenting discontinuous ore bodies, interrupted laterally whether by the presence of topographic depressions whether by the presence of zones of low content or pure clay ranges. The ore presents aspect similar to that of the steep mountain slopes, but, occurring almost always in a clayey matrix.

4. MINING METHOD

The mining methods consist in the specific set of work planning, sizing and carrying out the tasks according to the uniqueness of each type of mining. Another important aspect in the definition of the mining methods is concerned with the need for defining the future land use of the mined area (Reis & Sousa, 2003).

After the demarcation of the mineralized body, the process of mining preparation is started, which takes places through open pit mining operation. This consists in the removing of the organic layer of the area to be mined (topsoil) through the use of bulldozers. This layer is made up of A horizon soil, rich in organic matter, seeds and decomposing microorganisms, their being fundamental to the revegetation of mined areas (Koch, 2007). Next, a temporary rain water drainage system is set up sized according to the time in which the area will remain open, terrain slope and surface of stripped area, its being made up of ditches and containment basins dug out in the soil.

The mining methodology employed by the mining companies in the Poços de Caldas Plateau region was technically developed and adapted along time according to the geological and topographical characteristics of the region as well as the market demands. Mining is performed in the open pit generally with down slope advance, which presents the best development conditions according to the characteristics of the ore bodies and of the ease which it provides at the moment of environmental rehabilitation (Williams, 2001).

With the depletion of the mining bench, the topographical reshaping is started with the spreading of the topsoil, followed by subsoiling (Gardner & Bell, 2007); establishment of the definitive draining system and revegetation.

During the bauxite mining process in the Poços de Caldas plateau region, there is no consumption of electric energy and water, since the ore in its

natural unconsolidated form demanding only small size equipment for its excavation.

5. ANÁLISIS OF THE SOCIOENVIRONMENTAL IMPACTS

Introduced initially in the United States after the enacting of the Federal Law which established the National Environmental Impact Assessment (NEPA), in 1969, and soon after adopted in the developed countries, the Environmental Impact Assessment (AIA) was legally introduced into Brazil by the Federal Lei number 6.938/1981, which deals of the National environment Policy (Brasil, 1981). But, it was not until 1986, by means of the CONAMA 001 Resolution which established technical criteria and the general guidelines for preparing the Environmental Impact Study (EIA) and of its respective environmental Impact Report (RIMA) (CONAMA, 1986). From this moment on, AIA began effectively to be conducted in all the states.

5.1. Anthropic environment

For the communities in the surroundings of the mining operation, the visual impact of the landscape due to the removal of the vegetation and exposition of the lower layers of soil is the main negative effect of mining. In this sense, Mechi & Sanches (2010) state that some types of rehabilitation work on mined areas have an incipient feature, aiming, primordially, at attenuating the visual impact generated due to pressures coming from the local population.

In spite of the efforts of the companies as to the environmental recovery methodologies of the mined areas, it falls on them an increased involvement with the local community, especially in regard to awareness of the temporary character of the visual impact as well as the publicizing of the actions of

environmental character developed by the companies. Research of environmental perception carried out with the community of the surroundings of mining operations, reveal that the companies need to improve their operations in order to better the perception of the community as for the developed operations as well as in relation to the environmental issues related to mining (Drummond, 2009).

The impacts related to the maintaining of people who had occupied lands prior to mining and given conditions to remain on the lands after mining can be thought of as the most important among those positive ones generated by the mining, for they prevent their exodus to the big cities, but they generate a small number of service stations as the studies by Ferreira et al. (2010) show for the bentonite mining in the state of Paraíba.

The mining operations are of great importance to the towns within reach of the projects, since the interests paid can be reverted into benefits, improving so, and the town infrastructure. Another not less important issue is the mineral transformation that, in some cases, also occurs in the mining region, increasing the town's tax collection and job offer (Williams, 2001).

Carvalho (2011) stands out that the Brazilian Tax System (*Sistema Tributário Brasileiro*), regulated by the National Tax Code (CTN), Lei number 5.172/1986 (Brasil, 1986), is complex and comprehends taxes at the three levels of Government (Federal, State and Municipal). In that way, the relevant tax burdens for the companies operating in the mining and mineral product sector are several different types.

The taxes reverted to the town due to the mining operation is through the CFEM Financial Compensation for the Exploitation of Mineral Resources (*Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais*), the rate of which is 3% upon the net sales generated by the sale of bauxite, represent a very low amount as compared with those generated in the manufacturing step. Out of

the total collected, 65% are intended to the town, this resource being applied into projects which revert in behalf o the local community, as improvement the infrastructure of the environmental quality, health and education (DNPM, 2010).

5.2. Physical environment

Corrêa & Bento (2010) state that the work whose objective is the restoration of mining ecosystems should be developed aiming at strengthening the edaphological systems with techniques which improve the physical quality of the substrates and do not exceed the natural fertility levels. The main impacts generated potentially upon the edaphological system focus on the alteration of the topography and interruption of the nutrient cycling. Bauxite mining implies the removal of the A horizon as well as the ones of the subsoil layers, in particular horizons B and C. In addition to endangering the topographical profile by lowering the elevation, the permeability of the remaining terrain is also affected.

The soils in mining areas are compacted and according to Guadagnin et al. (2007), they present poor total porosity, predominance of micropores and still poor infiltration rates. The compaction of the mining surfaces decreases the porosity which affects directly the permeability in the remaining profile. That last factor enhances the terrain erodibility, in particular, during the period in which this becomes bare and exposed to bad weathers.

According to Meurer (2010), the soils are structured natural bodies and constitute environments where organism develop according to the supplies of water and mineral nutrients, in the absence of toxic elements is called soil fertility (Nicolodi et al., 2008). In this sense, Costa & Zocche (2009) stated that low contents of organic matter and phosphorus and high acidity can present restrictions to the development of plants. In this way, the suppression of the

vegetation interrupts that interaction, causing the edaphic biota to be partial or wholly endangered.

In mining operations, the impacts on the subsoil caused by seepage, such as those of oils and greases coming from equipment as excavators, crawler tractor and trucks, endanger the soils and put into pollution risk the surface and ground waters. According to Lopes et al. (2008), the polluting load of present society in industrialized countries is equivalent to 40.000 inhabitants per ton of oil poured in bodies of water, that is, at every ton of oil poured in the water bodies, 40.000 inhabitants are affected, directly or indirectly by the environmental and social upsets generated.

According to the internal procedures of the Environmental Management Systems (*Sistemas de Gestão Ambiental - SGA*) of a mining company in the region, oil seepages with volumes above 25 liters characterize environmental incident (ALCOA, 2011), this sort of event being recorded, investigated and simultaneously reported to the environmental agencies.

The possible impacts brought about by the generation of domestic sewages take place via the use of outdoor toilets or cesspools in the working areas. Use of these procedures can, depending on the generated amount, contaminating surface or ground waters. According to Ayach et al. (2009), a great part of the problem causing environmental degradation in the natural resources stems from the inadequate removal several sorts of residues, domestic sewage standing out. In this way, largest size companies establish support structure, consisting of metallic mobile house, with independent cafeteria and chemical toilet, the waste being periodically collected by hydro vacuum trucks, which carry these effluents to waste treatment plants. The supply of water to these mobile toilets is done weekly by water truck.

As characterized by Ferreira et al. (2010), dust emission is inevitable in the case of the mining operations on the occasion of the natural effects, its being

able to generate harmful consequences to the health of the workers and of the population living in the surroundings of the operations. So, use of water also becomes necessary, especially for the wetting and suppression of dust on mine roads.

Equipment movement also results in the emission of gases coming from fissile fuel burning. Gas emission contributing towards the deterioration of air quality, but, they do not represent an impact of greatest importance within the investigated context. Nevertheless, several companies use the Ringelmann scale for both gauging and monitoring of the fumes emitted by the diesel engines of the equipment (Carvalho et al., 2007).

5.3. Biotic environment

The Poços de Caldas plateau lies in the region of the Atlantic Forest domain (Velooso et al., 1991), the forest formations being classified as Tropical Montane Semideciduous Seasonal Forest (*Floresta Estacional Semidecidual Alto-Montana*) (Oliveira-Filho et al., 2006; Oliveira-Filho, 2006), in addition to presenting phytophysiognomies of gallery forest and high altitude grasslands (Guimarães et al., 2008).

In the situations of ore bodies situated under native grasslands, the environmental licensing procedure is quite simple, since these are not yet recognized as important areas in terms of conservation of the local biodiversity. But, with the publication of the CONAMA Resolution 423/2010, which determines about basic parameters for identification and analysis of the vegetation of the high altitude grasslands within the Atlantic Forest biome (CONAMA, 2010), the trend is that this process becomes more restrictive as to the revegetation technique after mining. This resolution stresses the importance of these areas in terms of biodiversity, as the work carried out on the Poços de

Caldas plateau in the 1980s identified the occurrence of 65 native grass species (Pereira, 1986).

According to Coutinho (2006), the climate is one of most important factors in the formation of the different types of vegetation, for which the several species prove adapted, these adaptations being more conspicuous when in severe climates, showing physiological and structural responses to those environments. Although, almost all the tropical vegetation formations are endangered, the altitude formations de altitude lie particularly affected by climate changes, which impact the temperature, rains and the formation of the clouds in the mountain areas (Bubb et al., 2004; Aldrich et al., 1997). Due to that importance, the work developed by Alcoa stand out, which since 2007, have sought to restore these places with species in the high altitude grasslands of the plateau through the use of seeds of the native grass of the genus *Aristida* sp, known popularly as annual sedge (*capim barba-de-bode*) and which presents a high frequency in the native grasslands in the region (Pereira, 1986).

One can consider that the situations of ore bodies localized under native forest are those which present most critical situations in terms of environmental licensing. This is aggravated by the fact that the majority of the mining operations conducted formerly in those locations presented few satisfactory results for the return of forests with typical structural metrics of native forest (Nappo et al., 2005).

In a number of cases, the vegetation coming from rehabilitation after a decade resembles to a scrubby grazing land rather than early regeneration stage of native forest. But since 2005, Alcoa has been developing a methodology for the effective restoration of these sites. This work is based upon the practical application of a number of concepts of tropical forest ecology, especially in the search for the replication of processes vital to the sustainability and maintenance, such as structural dynamics, ecological succession and “plant x

animal” interactions (Guimarães, 2008). The Poços de Caldas plateau also presents conditions favorable to the maintenance of populations of medium-sized mammals, although, some of these find themselves extinction-endangered and have as feature high environmental sensitivity: the brown howler (*bugio*) (*Alouatta guariba*), the maned wolf (*lobo-guará*) (*Chrysocyon brachyurus*) and the ocelot (*jagatirica*) (*Leopardus pardalis*) (Drummond, 2009), in addition to the rodent *Rhagomys rufescens* (Monteiro-Leonel, 2004). Among the species of medium and large sized mammals recorded in the region, it is worthwhile to stand out that some present forest habit and others which have their occurrence associated with the high altitude grasslands (Drummond, 2009). Research works demonstrated an outstanding wealth for avifauna, Pereira & Fontes (2010) identified 275 species in the São Domingos Range Town Park (*Parque Municipal da Serra de São Domingos*) situated close to the urban area of the town.

6. FINAL REMARKS

The mining sector is of outstanding importance to the economic development of the country. However, the respective socioenvironmental impacts inherent to the mining operations should be evaluated investigated and studied aiming at the decrease of the general extent of the damages.

The small and medium-sized companies, although, with less monetary power, should adopt effective practices to mitigate their environmental impacts, seeking technical support in the methodologies employed by the larger-sized companies.

The social impacts generated by the bauxite mining on the Poços de Caldas plateau, most of the times are positive, collaborating with the regional development, by means of the tax collection, creating jobs whether direct and

indirect, development of environmental actions to the community and the fixing of man in his location of origin.

The impact of the bauxite mining operations upon the physical environment can be significantly negative if not mitigated correctly; generating risks of making the environmental rehabilitation processes unviable owing to the impossibility of return to the original properties of soil and water resources.

The high altitude grasslands, a great deal of times, are neglected, even as being an important phytophysiognomies of the Atlantic Forest biome, which undergoes a high anthropic pressure, which can put in risk the regional biodiversity, generating greatly encompassing future impacts.

The scientific acknowledgement of the methods utilized for the environmental rehabilitation of mined areas both in high altitude grasslands and semideciduous seasonal forests in the region of the Poços de Caldas Plateau is undeniable. One has to work in the improving of these methods, mainly those used for the high altitude grasslands, for they are still little known. In addition, the companies should improve the publicizing of these results, sensitizing the community and making the environmental agencies more effective in the inspection of the restoration methods of these environments.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

To the Universidade Federal de Lavras (UFLA) for the logistic support and to the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) for the financial support during the development of this paper.

8. BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

ALCOA. **Gerenciamento de acidentes com óleos**. ALCOA Alumínio S.A. (Procedimento Interno do Sistema de Gestão Ambiental - SGA), Unidade de Mineração de Poços de Caldas, 2011. 5 p.

ALDRICH, M., BILLINGTON, C., EDWARDS, M., LAIDLAW, R. **A global directory of tropical montane cloud forests**. Cambridge: World Conservation Monitoring Centre, 1997. 268p.

AYACH, L., PINTO, A., CAPPI, N., GUIMARÃES, S. Contaminação das águas subterrâneas por coliformes: um estudo da cidade de Anastácio - MS. **CLIMEP**, v.4, n. 1, p. 5-26, 2009.

BACCI, D. C., LANDIM, P. M. B., ESTON, S. M. Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana. **REM - Revista Escola de Minas**, v. 59, n. 1, p. 47-54, 2006.

BORGES, L. A. C., REZENDE, J. L. P., PEREIRA, J. A. A. Evolução da Legislação Florestal no Brasil. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 447-466, 2009.

BRASIL. Lei 5.172, de 25 de outubro de 1966. **Dispõe sobre o Sistema Tributário Nacional e institui normas gerais de direito tributário aplicáveis à União, Estados e Municípios**. Brasília, DF, 1966. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/> (acesso em 20 set. 2010).

BRASIL. Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a política nacional do meio ambiente**. Brasília, DF, 1981. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/> (acesso em: 20 set. 2010).

BUBB, P., MAY, I., MILES, L., SAYER, J. **Cloud forest agenda**. Cambridge, UK: UNEP-WCMC, 2004. 36 p.

CARVALHO, A. D., ROSA, H. A., JUNIOR, J. P. M. Avaliação da intensidade de emissão de fumaça preta pelo transporte coletivo na cidade de Campinas. **Revista de Ciências do Ambiente**, v. 3, n. 2, p. 6-9, 2007.

CARVALHO, E. G. **Mineração, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no Estado do Ceará: aspectos legais, econômicos e sociais**. Brasil: Fundação Edson Queiroz - Universidade de Fortaleza, UNIFOR, 2011. p. 291-317.

CAVALCANTE, J. C., CUNHA, H. C. S., CHIEREGATI, L. A., KAEFER, L. Q., ROCHA, J. M., DAITX, E. C., COUTINHO, M. G. M., YAMAMOTO, K., DRUMMOND, J. B. V., ROSA, D. B., RAMALHO, R. **Projeto Sapucaí (Relatório final de geologia)**, DNPM/CPRM, Série Geológica 4, Seção Geologia Básica 2, 1979. 299 p.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**. Brasília, DF, 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama/> (acesso em 20 set. 2010).

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 423, de 13 de abril de 2010. **Dispõe sobre parâmetros básicos para identificação e análise da vegetação primária e dos estágios sucessionais da vegetação secundária nos Campos de Altitude associados ou abrangidos pela Mata Atlântica**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama/> (acesso em 20 set. 2010).

CORRÊA, R. S., BENTO, M. A. B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no DF. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, p.1435-1443, 2010.

COSTA, S., ZOCHE, J. J. Fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de carvão na Região Sul de SC. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 665-674, 2009.

COUTINHO, M. C. O conceito de bioma. **Acta Botânica Brasilica**, v. 20, n. 1, p.13-23, 2006.

DNPM (DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO MINERAL). **Compensação financeira pela exploração de recursos minerais**. 2010. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/> (acesso em 24/11/10).

DRUMMOND, G. M. **Plano de manejo da reserva particular do patrimônio natural do Retiro Branco**. Fundação Biodiversitas, 2009. 177 p.

ELLERT, R. Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas. **Boletim Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo - USP**, v.237, n. 18, p. 5-63, 1959.

FERREIRA, E. S., LIRA, W. S., CÂNDIDO, G. A. Sustentabilidade no setor de mineração: uma aplicação do modelo pressão-estado-impacto-resposta. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia (Publicação do curso de Engenharia Ambiental)**, v. 7, n. 3, p. 074-091, 2010.

GARDNER, J. H., BELL, D. T. Bauxite mining restoration by Alcoa World Alumina Australia in Western Australia: social, political, historical, and environmental contexts. **Restoration Ecology**, v. 15, n. 4, p. s3-s10, 2007.

GATTO, L. C. S., RAMOS, V. L. S., NUNES, B. T. A., MAMED, L., GÓES, M. H. B., Mauro, C. A., Alvarenga, S. M., FRANCO, E. M. S., QUIRICO, A. F., NEVES, L. B. Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Cap. II - Geomorfologia, p. 351. In: Projeto Radambrasil. SF23 - Rio de Janeiro e SF24 - Vitória. Rio de Janeiro, 1983. 554 p.

GUADAGNIN, C. A., PAULETTO, E. A., PINTO, L. F. S. Taxa de infiltração estável da água ao longo de transeções em solos construídos na área de mineração de carvão de Candiota - RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 3, p. 337-342, 2007.

GUIMARÃES, J. C. C. Reabilitação de minas de bauxita em florestas nativas: “método tradicional” versus “método ecológico”. **Informe Agropecuário**, v. 29, n. 244, p. 30-33, 2008.

GUIMARÃES, J. C. C., VAN DEN BERG, E., CASTRO, G. C., MACHADO, E. L. M., OLIVEIRA-FILHO, A. T. Dinâmica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria aluvial no planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 4, p. 621-632, 2008.

ICMM. Conselho Internacional de Mineração e Metais. **Planejamento para o fechamento integrado de mina: kit de ferramentas**. Londres, 2008. 88 p.

KOCH, J. M. Alcoa's mining and restoration process in South Western Australia. **Restoration Ecology**, v. 15, n. 4, p. s11-s16, 2007.

LOPES, P. R. M., DOMINGUES, R. F., BIDÓIA, E. D. Descarte de embalagens e quantificação do volume de óleo lubrificante residual no município de Rio Claro - SP. **Holos Environment**, v. 8 n. 2, p. 167, 2008.

MECHI, A., SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**. (4. ed.). Porto Alegre: EVANGRAF, 2010, v. 1. 264 p.

MONTEIRO-LEONEL, A. C. **Herpetofauna do planalto de Poços de Caldas, sul de Minas Gerais**. São Paulo: Universidade de São Paulo - USP, 2004. 84p. (Dissertação de Mestrado).

MORAES, F. T. **Zoneamento geoambiental do planalto de Poços de Caldas, MG/SP a partir de análise fisiográfica e pedoestratigráfica**. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista, 2007. 173p. (Tese de Doutorado).

NAPPO, M. E., GRIFFITH, J. J., MARTINS, S. V., MARCO JÚNIOR, P., SOUZA, A. L., OLIVEIRA FILHO, A. T. Dinâmica da estrutura diamétrica da regeneração natural de espécies arbóreas e arbustivas no sub-bosque de povoamento puro de *Mimosa scabrella* Bentham, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 35-46, 2005.

NICOLODI, M., GIANELLO, C., ANGHINONI, I., MARRÉ, J., MIELNICZUK, J. Insuficiência do conceito mineralista para expressar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2735-2744, 2008.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. **Catálogo das Árvores Nativas de Minas Gerais – Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2006. 423 p.

OLIVEIRA-FILHO, A. T., JARENKOW, J. A., RODAL, M. J. N. **Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns**. In: PENNINGTON, R. T., RATTER, J. A., LEWIS, G. P. (eds.) Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography and conservation. Boca Raton, EUA: CRC Press, p. 151-184, 2006.

PARISI, C. A. **Jazidas de bauxita da região de Poços de Caldas, Minas Gerais – São Paulo**. In: SCHOBENHAUS, C. & COELHO, C.E.S. Principais Depósitos Minerais do Brasil. DNPM/CVRD. Serviço de Edições Técnicas – CPRM. Brasília. V. III, 1988. 670p.

PEREIRA, J. A. A., FONTES, M. A. L. **Plano de manejo do parque municipal da serra de São Domingos**. Lavras: UFLA, 2010. v. I. 148 p.

PEREIRA, S. C. **Contribuição ao conhecimento das gramíneas do município de Poços de Caldas - MG**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1986. 516p. (Tese de Doutorado).

POÇOS DE CALDAS. Prefeitura Municipal de Poços de Caldas. **Plano diretor municipal**, 1992. Disponível em: <http://www.pocosdecaldas.mg.gov.br/> (acesso em 03/07/2007).

REIS, R. C. & SOUSA, W. T. Métodos de lavra de rochas ornamentais. **REM - Revista Escola de Minas**, v. 56, n. 3, p. 207-209, 2003.

SÁNCHEZ, L. E. Planejamento para fechamento prematuro de minas. **REM - Revista Escola de Minas**, v. 64, n. 1, p. 117-124, 2011.

VELOSO, H. P., RANGEL FILHO, A. L. R., LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 88 p.

WILLIAMS, D. **Memorial da Companhia Geral de Minas: seus 65 anos (1935 - 2000) e apontamentos da mineração no planalto de Poços de Caldas**. Poços de Caldas: Alcoa, 2001. 151 p.

**ARTIGO 2 Soil physical properties of high mountain fields under
bauxite mining**

Dalmo Arantes de Barros; José Aldo Alves Pereira; Mozart Martins Ferreira;
Bruno Montoani Silva; Diógenes Ferreira Filho; Gleisson de Oliveira
Nascimento

Artigo publicado na Revista Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 37, n. 5, p.
419-426. Set./Out. 2013.

**SOIL PHYSICAL PROPERTIES OF HIGH MOUNTAIN FIELDS
UNDER BAUXITE MINING**

**PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO DE CAMPOS ALTIMONTANOS
SOB INTERFERÊNCIA DA MINERAÇÃO DE BAUXITA**

Abstract: Mining contributes to the life quality of contemporary society, but can generate significant impacts, these being mitigated due to environmental controls adopted. This study aimed to characterize soil physical properties in high-altitude areas affected by bauxite mining, and to edaphic factors responses to restoration techniques used to recover mined areas in Poços de Caldas plateau, MG, Brazil. The experiment used 3 randomized block design involving within 2 treatments (before mining intervention and after environmental recovery), and 4 replicates (N=24). In each treatment, soil samples with deformed structures were determined: granulometry, water-dispersible clay content, flocculation index, particle density, stoniness level, water aggregate stability, and organic matter contend. Soil samples with preserved structures were used to determine soil density and the total volume of pores, macropores, and micropores. Homogenization of stoniness between soil layers as a result of soil mobilization was observed after the mined area recovery. Stoniness decreased in 0.10-0.20 m layer after recovery, but was similar in the 0-0.10 m layer in before and after samples. The recovery techniques restored organic matter levels to pre-mining levels. However, changes in soil, including an increase in soil flocculation degree and a decrease in water-dispersible clays, were still apparent post-recovery. Furthermore, mining operations caused structural changes to the superficial layer of soil, as demonstrated by an increase in soil density and a decrease in total porosity and macroporosity. Decreases in the water stability of aggregates were observed after mining operations.

Index terms: Environmental recovery, physical soil quality, soil recovery.

Resumo: A mineração contribui para a qualidade de vida da sociedade contemporânea, porém pode gerar impactos significativos, sendo esses mitigados em função dos controles ambientais adotados. Neste trabalho objetivou-se caracterizar as propriedades físicas do solo, mediante a influência de empreendimentos minerários, avaliando as respostas dos atributos edáficos frente às técnicas utilizadas para a recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita na região do planalto de Poços de Caldas, MG. O delineamento experimental foi concebido com 3 blocos casualizados, com 2

tratamentos (antes da intervenção minerária e depois da recuperação ambiental), e 4 repetições (N=24). Em cada situação, por meio das amostras com estruturas deformadas foram determinados: granulometria, argila dispersa em água, índice de floculação, densidade de partículas, índice de pedregosidade, estabilidade de agregados em água e teor total de matéria orgânica, através das amostras com estrutura preservada foram determinadas: densidade do solo, volume total de poros, macroporos e microporos. Após a recuperação da área minerada, ocorreu homogeneização da pedregosidade entre as camadas, decorrente do revolvimento e, conseqüentemente, da sua redução na camada de 0,10 a 0,20 m; os processos de recuperação da área minerada propiciaram manutenção dos teores de matéria orgânica, aumento do grau de floculação do solo e redução da argila dispersa em água; a intervenção minerária proporcionou alterações estruturais na camada superficial do solo, evidenciadas pelo aumento na sua densidade, redução na porosidade total e macroporosidade; houve redução da estabilidade de agregados em água após a intervenção minerária.

Termos para indexação: Recuperação ambiental, qualidade física do solo, recuperação do solo.

1. INTRODUCTION

Mining is an important contributor to the improvement of living conditions in today's society (CARVALHO, 2011). However, mining activities may also lead to significant environmental impacts (LONGO et al., 2011). In many cases, environmental impacts from mining activities can be mitigated by the use of appropriate environmental controls and ecological restoration techniques.

Soil is the basic substrate that supports all life on Earth (FERREIRA, 2010). The development of methods to assess soil quality is challenging (MELLONI et al., 2008) in part because the ascertainment of soil quality depends on the corresponding extension of its benefits to humans. Assessing soil quality is also challenging because soil quality can vary in accordance with its original composition and it is strongly linked to anthropogenic activities (ARAÚJO; KER; NEVES, 2012). Corrêa and Bento (2010) recommend that scientists study the restoration of mined ecosystems to strengthen knowledge of edaphological systems and to develop effective techniques that can improve the physical quality of substrates.

Studies focusing on the environmental recovery and restoration of high-altitude mining fields are scarce. However, the demand for new technologies that can recover landscapes in these types of phytophysionomies is high (BARROS et al., 2012). Therefore, the aim of this study was to characterize the physical properties of soil in high-altitude areas affected by bauxite mining operations, and to assess the responses of edaphic factors to restoration techniques used to recover mined areas in the plateau region of Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil.

2. MATERIALS AND METHODS

The study area was located in the plateau region of Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil (46°27'10"W e 21°54'00"S). The plateau region is located within a mountainous range area at altitudes varying between 1,000 to 1,600 m. This area encompasses the drainage networks of the Paraná River hydrographic basin, which is a sub-basin of the Rio Grande (GATTO et al., 1983). The study area has a highland subtropical, Cwb-type climate according to Köppen's climate classification system (i.e., the region is mesothermal with mild summers and dry winters). The rainy season extends from October to March, with an average annual rainfall of 1,482 mm (PREFEITURA MUNICIPAL DE POÇOS DE CALDAS - PMPC, 1992).

The region lies within the boundaries of the Atlantic Forest in South America, and it is composed of mountainous and high-mountain ombrophilous forests (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991) as well as gallery forests and highland fields (GUIMARÃES et al., 2008). The soil in the study area was classified according to Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2006) as typical dystrophic Red Nitosol. Red Nitosol soils are red in color and are typically porous, well-structured, and acidic. The soil in the study area contained a high amount of clay and gravel and was located on strongly undulating terrain.

Open-pit mining, method usually employed by mining companies in the plateau region of Poços de Caldas, was technically developed and adapted over time, depending on the geological and topographical features of the region, as well as the market demands. The mining is carried out in the open, usually with descending advancement, which presents the best conditions for development and the ease it provides at the moment of the environmental recovery (WILLIAMS, 2001).

Once mining activity ceases, topographical reshaping is initiated via the scattering of topsoil (0-0.10 m layer, rich in organic matter and potential source of plant propagules) previously stored during the stripping of soil, followed by the subsoiling (GARDNER; BELL, 2007), sometimes crossed. Finally the definitive draining system is implantated and the revegetation of the area is done through specific technical procedures for each field reality. In the cases studied, there was no correction of pH and soil fertilization.

The quality of restored soils was assessed in this experiment by using a randomized block design. Because of uncertainty related to the homogeneity of experimental areas and to control for possible variations inherent to the mining process, the experimental design used three randomized blocks within two treatments (before the mining intervention and after environmental recovery) and four replicates were evaluated in each block.

Between January and August 2012, soil samples with deformed structures were collected at depths of 0 to 0.10 m and 0.10 to 0.20 m. These samples were assessed for granulometry and water-dispersible clay content (without added chemical dispersants) using the Bouyoucos method, and measurements of the flocculation index, particle density, stoniness (EMBRAPA, 1997). Samples were collected maintaining the soil, relatively, in their natural aggregates, to estimate the water-stable aggregates. Additional data were collected from aggregate sieving results including the percentage of aggregates retained in each sieve, the mean weighted diameter of particles, the mean geometric diameter of particles, as well information about macro- and micro-aggregates. These data were collected pursuant to the methods described in Madari et al. (2005). Organic matter content was also assessed in soil samples according to previously described methods (EMBRAPA, 2007).

Concomitantly, soil samples with preserved structures were collected at depths of 0 to 0.10 m by the volumetric ring method using an Uhland sampler. This was necessary given the large amount of gravel at greater depths throughout the soil profile. The following attributes were assessed in these samples: soil bulk density, total pore volume, macroporosity, and microporosity (EMBRAPA, 1997).

An analysis of variance (ANOVA) was used to compare treatment means for the soil parameters assessed in this study. The means of the two treatments were directly compared using an ANOVA F-test. A factorial arrangement was used for comparisons of the stoniness index values at 0-0.10 m and 0.10-0.20 m depths both before mining and after recovery.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Granulometry analyses of soil samples in natural areas and in recovered areas treated after bauxite mining showed that there was no significant differences in the granulometric soil fractions across textural classes for the depths that were assessed. In all situations studied, soils belonged to the clay texture class and had clay contents ranging from 537.6 to 563.3 g kg⁻¹. These data confirm that the soil profiles were texturally homogeneous.

Although soil horizon inversion is an inherent negative environmental consequence of the bauxite mining process (BARROS et al., 2012), the results obtained in this study were in accordance with those expected since the textural composition of the soil does not vary very much during its exploitation (FERREIRA, 2010). During the environmental recovery process, the first 0.10 or 0.20 m of soil are stripped prior to mining and the soil is used later in the recovery process as the primary source of nutrients, microorganisms, and propagules for regeneration of the exploited area. Importantly, Nitosols are

characterized by texturally homogeneous soil profiles (EMBRAPA, 2006; GREGO; COELHO; VIEIRA, 2011).

During ANOVA analyses performed on the stoniness index values, a significant interaction was observed between the treatments and the sampling depths (0 to 0.10 m and 0.10 to 0.20 m). In the natural area (i.e., before mining intervention) the stoniness index at the 0 to 0.10 m depth (20.92%) was significantly lower than the value found at the 0.10 to 0.20 m depth (46.42%) (Figure 1). These results help to explain the difficulties encountered during sampling soils with preserved structures at depths lower than 0.10 m.

After recovery of the mined areas, stoniness index values in the different layers were not significantly different from each other, and the values were 21.50% for soils from 0 to 0.10 m in depth and 29.00% for soils from 0.10 to 0.20 m in depth. These results are probably a result of the homogenization of the soil and the remaining concretions after mining, as well as by horizon inversion and the effects on soil that are inherent to topographical reshaping. Mining operations are known to cause the restructuring of the natural organization of soil profiles (LUNARDI NETO et al., 2008).

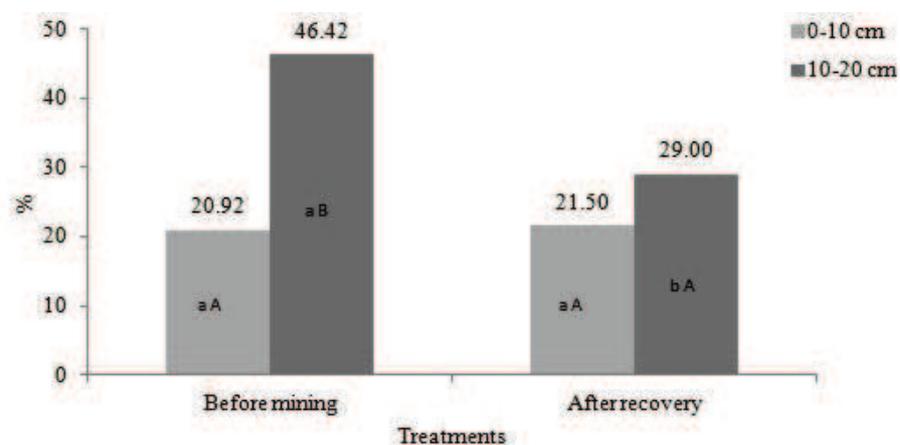


Figure 1. Stoniness index values for soils collected at different depths before mining intervention and after the environmental recovery of bauxite deposits in the plateau region in Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil.

Means with the same lower case letters for treatments and the same upper case letter for depths were not statistically different from each other when they were evaluated with the F-test at a 5% significance level.

The stoniness index at the 0 to 0.10 m depth did not differ significantly between the values found in the natural area (20.92%) and in the recovering area (21.50%). In contrast, for the 0.10-0.20 m depth, the values found for the stoniness index were significantly different between treatments, which helped to confirm the existence of changes in the subsurface caused by the mining process.

Soil preparation operations during environmental recovery activities of mined areas may expose soil surfaces to rains and flooding and exacerbate erosion (PANACHUKI et al., 2011). However we observed a lower flocculation index value in the area before mining intervention when compared to the recovering area for the two depths studied (Table 1). Further, the water-

dispersible clay contents were higher in the area before mining intervention took place (Table 1).

Table 1. Physical soil properties and organic matter contents of soils collected at different depths before mining intervention and after the environmental recovery of bauxite deposits in the plateau region in Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil.

Treatments	Water-Dispersible Clay	Flocculation Index	Particle Density	Organic Matter
	----- % -----	-----	kg dm ⁻³	g kg ⁻¹
0-0.10 m				
Before mining	42.09 a	24.77 b	2.40 a	36.50 a
After recovery	36.82 b	34.52 a	2.41 a	32.80 a
0.10-0.20 m				
Before mining	40.55 a	23.88 b	2.40 a	28.60 a
After recovery	34.50 b	38.60 a	2.41 a	28.80 a

* Means followed by the same letter in the column do not differ statistically according to results from the F-test at a 5% significance level. CV: Coefficient of Variation.

Similar results were found by Lunardi Neto et al. (2008) and Mendes, Pereira and Melloni (2006). These authors state that decreases in the flocculation index may cause serious problems because dispersible clays can obstruct pores and reduce infiltration rates, which contribute to increased surface runoff and consequently, erosion. We expected to observe higher organic matter contents in the natural area, since the integrity of the physical, chemical, and biological components of this soil system remained intact. However, no differences in organic matter content were observed in the samples collected before mining and after recovery. It is possible that an increase in microbial activity occurred after mining, considering that the environmental modifications imposed can lead

to higher flocculation indices and less waterdispersible clay contents through the exudation of ligand compounds by microorganisms (MAIO et al., 2011).

Similar to the results found in this study, Mendes, Pereira and Melloni (2006) – who studied the recovery of degraded areas in Itajubá, Minas Gerais, Brazil – observed significantly higher flocculation indices and lower waterdispersible clay contents in soils from recovery areas as compared to soils from natural areas. According to the authors, these results suggest that the areas are undergoing a soil structure recovery process, since flocculation represents the first step in the natural process of aggregate formation.

Additionally, we did not detect any significant effects of mining on particle densities at the soil depths assessed in this study, and this lack of effect was also observed by Lunardi Neto et al. (2008). The lack of effect on particle densities was likely related to the similarities in clay and organic matter contents of both soil layers under study (0-0.10 m and 0.10-0.20 m) in the natural soils and the soils recovered at the end of the mining process.

While assessing the attributes that reflect the porosity of the soil (Table 2), we observed a change in the pore distribution caused by mining activities. Therefore, there was a change in soil structure, an increase in soil density, and a decrease in the total volume of pores and macropores in soils from the recovered area in the 0-0.10 m layer. According to Arshad, Lower and Neves (1996), owing to the intrinsic dynamics of soil density and porosity arising from its use, those parameters are reflective of soil quality and directly influence the behavior of root development in plants and the degree of soil compaction.

Table 2. Bulk density and porosity of soils collected at a depth of 0-0.10 m before mining intervention and after the environmental recovery of bauxite deposits in the plateau region in Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil.

Treatments	Soil bulk Density	Total Pore Volume	Micropores	Macropores
	kg dm ⁻³	----- % -----		
Before mining	1.12 b	53.25 a	29.01 a	24.24 a
After recovery	1.33 a	45.16 b	28.78 a	16.38 b

* Means followed by the same letter in the column do not differ statistically according to results from the F-test at a 5% significance level. CV: Coefficient of Variation.

Decreases in the number of soil micropores can occur because of the kinetic energy of raindrops, deep tillage, micropore obstruction, the mechanical pressure of agricultural machinery, and a reduction in organic matter and nutrient content (ARAÚJO; KER; NEVES., 2012). There were, however, no significant differences in microporosity observed between the soils assessed in this study (Table 2). Aratani et al. (2009) found similar results that depended upon the degree of soil mechanization for different types of soil management in the state of São Paulo. Our results obtained through the analyses of soil samples with non-deformed structures may deviate slightly from values for other soils in the region due the high concretion content already previously discussed. Gonçalves et al. (2011) – who worked with dystroferric Red Nitosol (Alfisol) soils in the state of Paraná, Brazil – found soil density values ranging from 0.90 to 1.38 kg dm⁻³.

Within the context of this study, changes in soil structure may facilitate the establishment of exotic species and suppress the presence of more sensitive native species, which could result in changes to the floral structure of the fields. Hence, the occurrence of exotic species at restoration sites should be monitored as they represent an ecological hazard, especially in regards to the environmental

recovery processes (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION - SER, 2004).

Decreases in macroporosity and total pore volume of the soil correspond to less space being available for adequate soil aeration and oxygen diffusion from the soil to plants. Therefore, given the same moisture content, aeration porosity will likely be lower in recovered soils when compared to that found in natural areas.

Soil aggregation was assessed by the stability of soil aggregates in water. We observed lower particle diameter values in soils after recovery activities in mined areas for the two depths under study (Table 3). These data demonstrate the sensitivity of using soil aggregate indicators to detect physical changes in the soil arising from mining activity. It is noteworthy that even the lowest mean particle diameter observed in this study (4.78 mm at 0-0.10 m in depth in recovered soils) was bigger than the 4.30 mm mean geometric particle diameter (MGD) that was found in sub-savannah oxidic Latosol (Oxisol) areas from similar soil depths by Oliveira et al. (2004). Hence, our results suggest that there was good structuring of the Nitosols, which were able to maintain good soil quality indicator levels even after intense mining activity.

Table 3. Mean geometric diameter (MGD), mean weighted diameter (MWD), and size distribution of soil aggregates collected at different depths before mining intervention and after the environmental recovery of bauxite deposits in the plateau region in Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil.

Treatments	MGD	MWD	Aggregate sizes (mm)						Ma	Mi
			8.0-2.0	2.0-1.0	1.0-0.5	0.5-0.25	0.25-0.105	< 0.105		
	----- mm -----		----- % -----							
			0-0.10 m							
Before mining	4.90 a	4.96 a	99.0 a	0.4 b	0.3 b	0.1 b	0.1 b	0.1 b	99.8 a	0.2 b
After recovery	4.78 b	4.91 b	96.8 b	1.4 a	0.9 a	0.4 a	0.2 a	0.3 a	99.5 b	0.5 a
			0.10-0.20 m							
Before mining	4.91 a	4.96 a	99.1 a	0.5 b	0.1 b	0.1 b	0.1 b	0.1 a	99.8 a	0.2 a
After recovery	4.79 b	4.91 b	97.7 b	1.0 a	0.7 a	0.3 a	0.2 a	0.1 a	99.7 a	0.3 a

* Means followed by the same letter in the column do not differ statistically according to results from the F-test at a 5% significance level. Ma: Macroaggregates; Mi: Microaggregates. CV: Coefficient of Variation.

According to Madari et al. (2005), soils with high structural stability show good aggregation. The highest aggregate concentrations in this study occurred in the particle size classes that were larger than 2.00 mm (Table 3), and soils from the area before mining had significantly higher values for such aggregates. However, for the other size classes the highest aggregate percentages were generally found in recovery areas. This was true for all treatments except for particle size classes smaller than 0.105 mm where no significant differences were found.

Reductions in soil aggregation were likely a consequence of topographical reshaping activities and other mechanical practices used in the environmental recovery process. These activities can cause the destruction of larger soil aggregates. Similar results were found by Garbiate et al. (2011) and they concluded that more intensive practices created lower mean particle diameter values, which are indicative of soil aggregate destruction.

By analyzing the distribution of macro- and microaggregates in soil samples, it was possible to see that macroaggregates were the predominant form in both soil layers (Table 3). There was a statistically significant reduction in macroaggregates in the 0-0.10 m layer after mining intervention. For the 0.10-0.20 m layer, the trend was not significant. Although no significant changes in organic matter content occurred after mining activities for both layers under study, there was an increase in the particle flocculation indices, which suggests that the soil is still in the process of recovery and structural reshaping. Considering that changes occurred in natural conditions as a consequence of the physical and chemical changes to the mined area, it is believed that these changes may also affect biological processes associated with soil aggregation (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

4. CONCLUSIONS

Following the recovery of soils in the mined area, there was a homogenization of stoniness between soil layers as a consequence of soil mobilization. These changes were verified by a reduction in stoniness in the 0.10-0.20 m soil layer.

Environmental recovery practices and processes in the studied mined area maintained organic matter levels, increased the degree of soil flocculation, and reduced water-dispersible clay content.

Mining activities caused structural changes in the superficial layer of the soil, which was evidenced by increases in soil density and decreases in the total porosity and macroporosity of the soil.

There was a reduction in water aggregate stability after mining, although indicator levels were still reasonably good and likely attributable to the recovery process.

In summary, physical properties of the soil affected by the mining process did not show excessive variations. Hence, we recommend a reduction in the number of passes of machinery and equipment over the soil, which would help to optimize operations performed during preparation of the area. Additionally, other studies should be conducted on the behavior of these environments in the presence of mining activities. These studies would be valuable for consolidating the scientific knowledge needed to replicate environmental restoration techniques in areas degraded by mining activities. Lastly, we recommend that the amount of topsoil obtained during strip mining be increased for the maintenance of soil organic matter levels.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Brazilian Aluminum Company for intellectual and logistical support and for granting access to the study area. The authors also thank the Forest Science Department for its technical and scientific support and FAPEMIG for its scientific support. We are grateful to professors Julio Silvio de Sousa Bueno Filho, João José Granate de Sá e Melo Marques, administrative technicians Dulce and Doroteo, and the field assistant José Fernandes for their assistance with this research. This study was funded by a grant from CAPES.

6. REFERENCES

ARATANI, R. G. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.3, p.677-687, mai./jun., 2009.

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.5, n.1, p.187-206, jan./abr., 2012.

ARSHAD, M. A.; LOWER, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds.). **Methods for assessing soil quality**. Madson: Soil Science Society of America, v.49, p.123-141, 1996.

BARROS, D. A. et al. Characterization of the bauxite mining of the Poços de Caldas alkaline massif and its socio-environmental impacts, **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.65, n.1, p.127-133, jan./mar., 2012.

CARVALHO, R. P. B. Contribuições da análise de geossistemas na recuperação de áreas degradadas por mineração. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v.21, n.36, p.13-28, jul./dez., 2011.

CORRÊA, R. S.; BENTO, M. A. B. Qualidade do Substrato Minerado de Uma área de Empréstimo Revegetada no DF. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.4, p. 1435-1443, jul./ago., 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 3 nd ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007, 193p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2nd ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2nd ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997, 212p.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: QUIRIJN, J. L. (Org.). **Física do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-27, 2010.

GARBATE, M. V. et al. Interril erosion from area under burned and green sugarcane harvested by hand and mechanically. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.6, p.2145-2155, nov./dez., 2011.

GARDNER, J. H.; BELL, D. T. Bauxite mining restoration by Alcoa World Alumina Australia in Western Australia: social, political, historical, and environmental contexts. **Restoration Ecology**, Washington, v.15, n.4, p.3-10, dec, 2007.

GATTO, L. C. S. et al. Capítulo II - Geomorfologia: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. In: _____. **Projeto Radambrasil**. SF23 – Rio de Janeiro e SF24 – Vitória. Rio de Janeiro, p.305-384, 1983.

GONÇALVES, A. C. A. et al. Influência da densidade do solo na estimativa da umidade em um Nitossolo Vermelho distroférico, por meio da técnica de tdr. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.5, p.1551-1559, set./out., 2011.

GREGO, C. R., COELHO, R. M.; VIEIRA, S. R. Critérios morfológicos e taxonômicos de Latossolo e Nitossolo validados por propriedades físicas mensuráveis analisadas em parte pela geoestatística. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.2, p.337- 350, mar./abr., 2011.

GUIMARÃES, J. C. C. et al. Dinâmica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria aluvial no planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.31, n.4, p.621- 632, out./dez., 2008.

LONGO, R. M; RIBEIRO, A. I.; MELO, W. J. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.1, p.132-138, 2011.

LUNARDI NETO, A. et al. Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1379-1388, jul./ago., 2008.

MADARI, B. E. et al. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.80, n.1-2, p.185-200, jan., 2005.

MAIO, M. M. et al. Atributos físicos do solo, adubado com lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.6, p.823-830, nov./dez., 2011.

MELLONI, R. et al. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de minas gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.32, n.6, p.2461-2470, nov./dez., 2008.

MENDES, F. G.; PEREIRA, E. G.; MELLONI, R. Os atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, Lavras, v.12, n.3, p.211-220, jul./set., 2006.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2nd ed. Lavras: UFLA, 2006, 729p.

OLIVEIRA, G. C. et al. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.327-336, mar./abr., 2004.

PANACHUKI, E. et al. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.5, p.1777-1785, set./out., 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE POÇOS DE CALDAS - PMPC. **Plano Diretor Municipal**. Poços de Caldas, MG: Prefeitura Municipal de Poços de Caldas, 1992. Available at: <<http://www.pocosdecaldas.mg.gov.br>>. Accessed on: Feb 1, 2012.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION - SER. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. Tucson: Society for Ecological Restoration International, 2004. Available at: <<http://www.ser.org>>. Accessed on: Dec 9, 2012.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991, 88p.

WILLIAMS, D. **Memorial da Companhia Geral de Minas: seus 65 anos (1935 – 2000) e apontamentos da mineração no planalto de Poços de Caldas**. Poços de Caldas: Alcoa, 2001, 151p.

ARTIGO 3 Florística e fitossociologia de campos de altitude como uma ferramenta para restauração ecológica

DALMO ARANTES DE BARROS

Artigo formatado de acordo com a NBR 6022 (ABNT, 2003)

FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA DE CAMPOS DE ALTITUDE COMO UMA FERRAMENTA PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Resumo: Ecossistemas degradados demandam métodos de restauração ecológica como medida auxiliar à sua recuperação, entretanto esses devem ser centrados na reabilitação de funções ecológicas para o ambiente futuro. Estudos que objetivam a geração de conhecimento sobre a ecologia das espécies são importantes, uma vez que a caracterização da composição florística é um importante pré-requisito para qualquer estudo sobre ecologia e fitogeografia, visando atividades de recuperação dos recursos naturais. O objetivo deste trabalho foi gerar conhecimento acerca da composição e estrutura das comunidades campestres altimontanas sobre corpos de bauxita, possibilitando inferências de espécies campestres nativas potenciais para utilização na restauração ecológica de áreas mineradas. A área de estudo está inserida na região do planalto de Poços de Caldas, MG. Esta se situa em uma região montanhosa, onde substrato geológico é formado por um maciço alcalino, rico na ocorrência de bauxita. Para atingir os objetivos propostos, foi realizado o levantamento florístico através do método de caminhamento e o estudo fitossociológico através da avaliação de superfície pelo método de parcelas, para tanto foram distribuídas sistematicamente em campo 56 parcelas com 1 m², onde todos os indivíduos maiores que 2 cm de altura foram contabilizados e identificados. Para avaliar a cobertura das espécies contabilizadas e a porcentagem de solo exposto foi utilizada a escala de Braun-Blanquet. A partir da contagem, identificação das espécies e caracterização das respectivas coberturas dentro das parcelas foram calculados os parâmetros fitossociológicos, bem como determinados: Índice de Diversidade de Shannon (H') e Equabilidade de Pielou (J'). Foram coletados 370 indivíduos distribuídos em 32 famílias e 96 gêneros. As famílias mais representativas na amostragem foram Asteraceae, Poaceae, Melastomataceae e Fabaceae. Essas quatro famílias juntas representam cerca de 60% da riqueza de espécies encontrada. Os outros 40% da riqueza específica se distribuíram entre 59 espécies de 28 famílias. Verificou-se que a porção de solo exposto representou 5,55% da cobertura total, mesmo entremeada por uma espessa camada de matéria

seca, que perfaz um montante de 42,13% de cobertura. Conforme a classificação das espécies de acordo com suas respectivas formas de vida observou-se o predomínio de espécies que compõe o estrato herbáceo. Analisando os resultados obtidos entre a riqueza observada e a riqueza estimada pelo estimador de riqueza *Jackknife* de primeira ordem, verificou-se que o esforço amostral foi satisfatório uma vez que amostragem realizada representou 86,84% da riqueza estimada. As espécies mais importantes da assembleia campestre estudada, segundo o valor de importância (VI), foram *Echinolaena inflexa*, *Schizachyrium tenerum*, *Aristida jubata*, *Ageratum fastigiatum*, *Andropogon leucostachyus*, *Paspalum pilosum* e *Baccharis dracunculifolia*. A equabilidade de Pielou (J') foi 0,7297, e o Índice de Diversidade de Shannon (H') 3,10 nats. Assim, de acordo com a discussão dos resultados apresentados foi possível afirmar que a utilização das espécies nativas mais importantes da comunidade estudada, potencializa a possibilidade de sucesso nos projetos de restauração ambiental. Os valores de diversidade obtidos no presente trabalho foram elevados, destacando a importância da criação de estratégias eficientes de restauração ecológica desses ambientes.

Termos para indexação: Campos de Altitude, Ecologia da Vegetação, Mineração de Bauxita, Recuperação Ambiental de Áreas Degradadas.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta grande diversidade de ecossistemas em função de sua extensão geográfica, diversidade de climas e solos. Contudo, dentre seus domínios fitogeográficos, destaca-se a Mata Atlântica (LEITÃO FILHO, 1987) e suas subdivisões em diferentes fitofisionomias, sendo algumas delas, ainda pouco estudadas (BARROS et al., 2012).

A Mata Atlântica brasileira é constituída por formações florestais tropicais típicas, e se destaca por ser um *hotspot* de biodiversidade (MITTERMEIER et al., 2005; MYERS et al., 2000); no extremo oeste das planícies costeiras – nos topos das montanhas com elevadas cotas altitudinais – as florestas cedem lugar aos campos de altitude (SCARANO, 2002). Esses ambientes apresentam elevado grau de endemismo (ALVES; KOLBEK, 2010) e merecem atenção pelo seu significado geológico e biológico, e ainda por representarem importantes áreas de recarga dos aquíferos (SAFFORD, 1999).

As publicações científicas referentes a formações campestres estão pautadas, principalmente, em vegetações de campos rupestres, restritos a ecótonos entre cerrado, a caatinga e a Mata Atlântica (VASCONCELOS, 2011) ou campos cerrados, restritos ao domínio fitogeográfico do Cerrado (COUTINHO, 1978; COUTINHO 2006). Estudos mais completos sobre os campos de altitude parecem ser negligenciados, mesmo sendo uma fitofisionomia importante do domínio Atlântico que sofre forte pressão antrópica. A quantidade de estudos sobre a estrutura do componente herbáceo-subarbustivo da vegetação brasileira é significativamente menor

do que aqueles sobre fisionomias florestais, resultando na deficiência de conhecimentos acerca desse estrato (MUNHOZ; ARAÚJO, 2011).

Recentemente, verifica-se a necessidade de fomento às políticas conservacionistas e de ocupação do solo, baseadas em modelos simplificados da vegetação (CAPELO, 2003). Neste sentido, estudos florísticos e fitossociológicos são importantes, uma vez que refletem a realidade de campo (PIFANO et al., 2010), possibilitando o entendimento dos padrões de estruturação das comunidades vegetais (GIEHL; BUDKE, 2011).

Em função deste panorama, faz-se necessário conhecer as principais fontes de degradação e seus impactos, a fim de criar estratégias que conciliem a conservação ambiental e o desenvolvimento econômico (LEITE; NEVES, 2008). Estudos que objetivam a geração de conhecimento sobre a ecologia dos campos de altitude são de fundamental importância (FURLAN et al., 2009; SAFFORD, 1999). Neste contexto, Yavari e Shahgolzari (2010) afirmam que a caracterização da composição florística é um importante pré-requisito para qualquer estudo sobre ecologia e fitogeografia, visando atividades de gestão, conservação e recuperação dos recursos naturais.

Ecossistemas que foram degradados, danificados ou destruídos, demandam métodos de restauração ecológica como medida auxiliar para sua recuperação (SER, 2004). Choi et al. (2008) afirmam que esses trabalhos devem ser centrados na reabilitação de funções ecológicas para o ambiente futuro, em vez de apenas focar na recomposição da comunidade vegetal afetada.

Apesar do reconhecimento científico sobre a importância dos métodos utilizados para a restauração ecológica de áreas mineradas, há que se trabalhar no aperfeiçoamento, principalmente, daqueles utilizados para os campos de altitude (BARROS et al., 2012). Nestes projetos, a escolha das espécies é de grande importância, sendo condicionante para o estabelecimento da vegetação, mas também é fundamental considerar as práticas de manejo adequadas a cada situação específica (ASSIS et al., 1998). Machado et al. (2012) afirmam que a importância da utilização de espécies de ocorrência local é fundamental para o sucesso da restauração de áreas mineradas.

Em função do exposto, o objetivo do presente trabalho foi gerar conhecimento acerca da composição e estrutura das comunidades campestres altimontanas sobre corpos de bauxita, possibilitando inferências sobre espécies campestres nativas potenciais para utilização na restauração ecológica de áreas mineradas.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo está inserida no planalto de Poços de Caldas, sul de Minas Gerais. Esta região apresenta um relevo montanhoso, cujo substrato geológico é formado por um maciço alcalino aproximadamente circular, rico na ocorrência de bauxita, com área aproximada de 6.558 km² (CAVALCANTE et al., 1979).

As altitudes variam entre 1.000 a 1.600 m. O clima é Cwb, subtropical de altitude, segundo a classificação de Köppen, mesotérmico com verões brandos e estiagem no inverno. As chuvas se estendem de outubro a março, sendo a precipitação média anual de 1.482 mm. A temperatura média anual é de 19,9°C, com mínimas e máximas absolutas de, respectivamente, -6,0°C e 31,7°C. A umidade relativa média equivale a 79% (PMPC, 1992).

A região está inserida no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, onde as principais formações florestais encontradas, são as Florestas Ombrófilas Montanas e Altomontanas (VELOSO et al., 1991). A região também apresenta fitofisionomias de campos altimontanos (GUIMARÃES et al., 2008), os quais ocupam grandes extensões.

A área localiza-se a 6 km do centro do município de Caldas, MG, no entorno das coordenadas 21°52'38''W e 46°27'48''S, entre as altitudes de 1.200 e 1.500 m, ao sul do distrito de Laranjeiras de Caldas, em área rural denominada Ponte Alta e Taquari. A cidade de Caldas está a 464 km de Belo Horizonte com acessos pelas Rodovias Federais BR 459 e BR 381. A região é composta de formações florestais, campos de altitude e várzeas. Estas formações de vegetação integram os limites do domínio da Mata Atlântica, segundo a Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006). O solo da área de estudo, no qual foi realizada a lavra de bauxita foi classificado como Nitossolo Vermelho distrófico típico, muito argiloso, cascalhento, localizado em relevo forte-ondulado (EMBRAPA, 2006).

Nas diversas linhas temáticas estudadas na região, poucos trabalhos já foram desenvolvidos sobre os campos de altitude, podendo

destacar aqueles realizados por Rezende et al. (2013), Barros et al. (2013), Cordeiro et al. (2008) e Pereira (1986).

2.2. Levantamento florístico

Os métodos utilizados para levantamentos florísticos devem ser simples e de fácil aplicabilidade, entretanto devem apresentar precisão científica e confiabilidade. Neste trabalho, utilizou-se as diretrizes caracterizadas por Filgueiras et al. (1994) para o método do caminhamento.

A coleta dos dados florísticos foi realizada durante o período compreendido entre os meses de dezembro de 2011 a novembro de 2012, visando cingir toda sazonalidade anual. Foram feitas campanhas mensais (16 horas de caminhamento ao longo de dois dias por campanha) durante um ano, percorrendo toda a área de formação campestre sobre os corpos mineralizados de bauxita e áreas adjacentes. A área de estudo abrange, aproximadamente, 33,00 ha.

Todo material botânico encontrado foi coletado e herborizado de acordo com Veloso (1992), onde parte das plantas coletadas foi identificada em campo. Já aquelas em que isso não foi possível, posteriormente foram identificadas através de consultas bibliográficas, consulta a especialistas, e comparações com espécimes depositados no herbário da Universidade Federal de Lavras (Herbário ESAL). O sistema de classificação seguido foi *Angiosperm Phylogeny Group* (APG III, 2009). Paralelamente, foi realizada a estratificação das espécies amostradas, segundo a classificação das formas de vida de Rankiaer

(1934), adaptado por Pifano et al. (2010). Foram consideradas as seguintes formas: árvores, arbustos, subarbustos, ervas e trepadeiras. Também, foram determinadas suas respectivas origens (nativa ou naturalizada) e o “status” referente à ameaça de extinção de acordo com a Instrução Normativa MMA 06/2008 (BRASIL, 2008), e com a Deliberação COPAM 085/1997 (MINAS GERAIS, 1997).

Visando comparar a similaridade florística entre a área de estudo e outras áreas campestres, foram realizadas Análises de Agrupamento Hierárquico de similaridade (cluster) entre espécies e ambientes a partir de dados de riqueza de espécies. O método de agrupamento foi o de UPGMA e o índice de similaridade de Bray-curtis. Os agrupamentos mais evidentes foram destacados e comparados com os resultados do dendrograma. As análises estatísticas foram realizadas no programa Past 1.18 (HAMMER & HARPER, 2004).

2.3. Levantamento fitossociológico

Para a amostragem do estrato herbáceo e arbustivo da vegetação dos campos altimontanos, utilizou-se o método de parcelas conforme proposto por Kent e Coker (1995). A amostragem ocorreu em áreas campestres, sobre os corpos de bauxita, a fim de avaliar a composição e estrutura natural desta fitofisionomia.

A vegetação foi inventariada em outubro de 2012, por meio de 56 parcelas distribuídas sistematicamente no campo, equidistantes 15 metros. As parcelas apresentaram dimensões de 1,00 x 1,00 m (1,00 m²), cobrindo toda área amostrada, e todos os indivíduos herbáceos e arbustivos maiores

que 2,00 cm de altura foram contabilizados e identificados ou coletados para identificação posterior. Para espécies com reprodução assexuada, foi considerado um indivíduo por touceira (JACOBI et al., 2008).

Visando avaliar a cobertura das espécies contabilizadas, a porcentagem de solo exposto e a cobertura de matéria seca foram obtidas através da escala de Braun-Blanquet (1979), conforme apresentado por Kent e Coker (1995). Utilizou-se uma escala de 1,00 m², com 100 subdivisões, correspondendo cada subdivisão a 1% da cobertura total amostrada na escala (0,01 m²).

A suficiência amostral foi determinada por meio da análise da curva de esforço amostral, também conhecida como curva espécie x área (Braun-Blanquet, 1932). Esta foi elaborada a partir da riqueza observada durante as coletas de campo, bem como da riqueza de espécies estimada pelo estimador de riqueza *Jackknife* de primeira ordem (COLWELL; CODDINGTON, 1994). De acordo com Heltshe e Forrester (1983) este estimador tem como base o número de espécies que ocorre em apenas uma amostra, considerado-as espécies únicas.

A partir da identificação e contagem das espécies, e caracterização das respectivas coberturas dentro das parcelas foram calculados os seguintes parâmetros fitossociológicos: densidade relativa (DR), dominância relativa (DoR), frequência relativa (FR), valor de importância (VI) e valor de cobertura (VC) (MÜELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974); foram ainda determinados os seguintes parâmetros relativos a composição florística: Índice de Diversidade de Shannon (H') e Equabilidade de Pielou (J').

Com base nas observações de campo, juntamente com as informações sobre a ecologia das espécies mais importantes da comunidade campestre altimontana, elencou-se aquelas com maior potencial de sucesso nos projetos de restauração ecológica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização da composição dos campos altimontanos

Foram coletados 370 indivíduos com estrutura reprodutiva fértil, distribuídos em 32 famílias e 96 gêneros. Das 152 espécies coletadas, 139 foram identificadas em nível de espécie e 13 em gênero. Foram identificados os respectivos hábitos e origem de todas as espécies (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies vegetais, em ordem de família, caracterizadas quanto à forma de vida e origem encontradas nos ambientes campestres de altitude sobre corpos de bauxita, na região do planalto de Poços de Caldas, MG.

Família / Espécie	Forma de Vida*	Origem**
Acanthaceae		
<i>Ruellia geminiflora</i> Kunth	Subarbusto	Nativa
Apocynaceae		
<i>Mandevilla illustris</i> (Vell.) Woodson	Erva	Nativa
Asteraceae		
<i>Acanthospermum australe</i> (Loefl.) Kuntze	Erva	Nativa
<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC.	Erva	Nativa
<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	Erva	Nativa
<i>Ageratum fastigiatum</i> (Gardner) R.M.King & H.Rob.	Erva	Nativa
<i>Ageratum myriadenium</i> (Sch.Bip. ex Baker) R.M.King & H.Rob.	Erva	Nativa
<i>Aspilia reflexa</i> (Sch.Bip. ex Baker) Baker	Erva	Nativa
<i>Austrocritonia velutina</i> (Gardner) R.M.King & H.Rob.	Subarbusto	Nativa
<i>Baccharis cognata</i> DC.	Subarbusto	Nativa
<i>Baccharis crispa</i> Spreng.	Subarbusto	Nativa
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	Arbusto	Nativa
<i>Baccharis helichrysoides</i> DC.	Arbusto	Nativa
<i>Baccharis montana</i> DC.	Árvore/Arbusto	Nativa
<i>Baccharis pentodonta</i> Malme	Subarbusto	Nativa
<i>Baccharis tarchonanthoides</i> DC.	Arbusto	Nativa
<i>Bidens pilosa</i> L.	Erva	Naturalizada
<i>Centratherum punctatum</i> Cass.	Erva	Nativa
<i>Chaptalia araneosa</i> Casar.	Erva	Nativa
<i>Chaptalia integerrima</i> (Vell.) Burkart	Erva	Nativa
<i>Chaptalia nutans</i> (L.) Pol.	Erva	Nativa
<i>Chaptalia runcinata</i> Kunth	Erva	Nativa
<i>Chromolaena maximiliani</i> (Schrad. ex DC.) R.M. King & H.Rob.	Arbusto	Nativa
<i>Chrysolaena dusenii</i> (Malme) Dematt.	Arbusto	Nativa
<i>Conyza sumatrensis</i> (Retz.) E. Walker	Subarbusto	Nativa
<i>Dimerostemma brasilianum</i> Cass.	Arbusto	Nativa
<i>Elephantopus mollis</i> Kunth	Erva	Nativa
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex Wight	Erva	Nativa
<i>Gamochaeta purpurea</i> (L.) Cabrera	Erva	Nativa
<i>Gnaphalium</i> sp	Erva	Nativa
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	Árvore/Arbusto	Nativa
<i>Lessigianthus</i> sp	Arbusto	Nativa
<i>Lessigianthus bardanoides</i> (Less.) H.Rob.	Arbusto	Nativa
<i>Lessigianthus brevipetiolatus</i> (Sch.Bip. ex Baker) H.Rob.	Subarbusto	Nativa
<i>Lucilia lycopodioides</i> (Less.) S.E.Freire	Subarbusto	Nativa
<i>Mikania hirsutissima</i> DC.	Trepadeira	Nativa
<i>Mikania triphylla</i> Spreng. ex Baker	Erva	Nativa

... Continuação Tabela 1.

Família / Espécie	Forma de Vida*	Origem**
<i>Orthopappus angustifolius</i> (Sw.) Gleason	Erva	Nativa
<i>Pterocaulon virgatum</i> (L.) DC.	Erva	Nativa
<i>Senecio brasiliensis</i> (Spreng.) Less.	Erva	Nativa
<i>Stenocephalum tragiaefolium</i> (DC.) Sch.Bip.	Erva	Nativa
<i>Vernonanthura brasiliana</i> (L.) H.Rob.	Arbusto	Nativa
<i>Vernonanthura membranacea</i> (Gardner) H.Rob.	Arbusto	Nativa
<i>Vernonanthura phosphorica</i> (Vell.) H.Rob.	Arbusto	Nativa
<i>Vernonanthura westiniana</i> (Less.) H.Rob.	Subarbusto	Nativa
Bigoniaceae		
<i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers	Trepadeira	Nativa
Boraginaceae		
<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	Arbusto	Nativa
Campanulaceae		
<i>Siphocampylus macropodus</i> (Thunb.) G.Don	Subarbusto	Nativa
<i>Siphocampylus westinianus</i> (Thunb.) Pohl	Subarbusto	Nativa
Commelinaceae		
<i>Commelina</i> sp	Erva	Nativa
Convolvulaceae		
<i>Ipomoea delphinioides</i> Choisy	Trepadeira	Nativa
<i>Ipomoea fimbriosepala</i> Choisy	Trepadeira	Nativa
<i>Ipomoea</i> sp	Trepadeira	Nativa
Cyperaceae		
<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) C.B.Clark	Erva	Nativa
<i>Cyperus odoratus</i> L.	Erva	Nativa
<i>Rhynchospora</i> sp	Erva	Nativa
Euphorbiaceae		
<i>Croton lundianus</i> (Didr.) Müll.Arg.	Erva	Nativa
<i>Euphorbia potentilloides</i> Boiss.	Erva	Nativa
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Árvore/Arbusto	Nativa
Flacourtiaceae		
<i>Abatia americana</i> (Gardner) Eichler	Arbusto	Nativa
Fabaceae - Faboideae		
<i>Crotalaria unifoliolata</i> Benth.	Subarbusto	Nativa
<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	Subarbusto	Naturalizada
<i>Desmodium affine</i> Schldl.	Subarbusto	Nativa
<i>Desmodium barbatum</i> (L.) Benth.	Subarbusto	Nativa
<i>Desmodium</i> sp	Erva	Nativa
<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC.	Subarbusto	Nativa
<i>Eriosema crinitum</i> (Kunth) G.Don	Erva	Nativa
<i>Zornia pardina</i> Mohlenbr.	Subarbusto	Nativa
<i>Zornia reticulata</i> Sm.	Subarbusto	Nativa
Fabaceae - Caesalpinioideae		
<i>Senna splendida</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	Subarbusto	Nativa
Gentianaceae		
<i>Calolisianthus</i> sp	Erva	Nativa
Gleicheniaceae		
<i>Dicranopteris flexuosa</i> (Schrad.) Underw.	Erva	Nativa

... Continuação Tabela 1.

Família / Espécie	Forma de Vida*	Origem**
Lamiaceae		
<i>Hyptis lippoides</i> Pohl ex Benth.	Erva	Nativa
<i>Hyptis marrubioides</i> Epling	Erva	Nativa
<i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze	Erva	Nativa
<i>Peltodon radicans</i> Pohl	Erva	Nativa
Lauraceae		
<i>Ocotea ensifolia</i> Taub.	Arbusto	Nativa
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	Árvore/arbusto	Nativa
Lythraceae		
<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) J.Macbr.	Erva	Nativa
Malpighiaceae		
<i>Banisteriopsis campestris</i> (A.Juss.) Little	Trepadeira	Nativa
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Árvore/Arbusto	Nativa
<i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.	Arbusto	Nativa
Malvaceae		
<i>Krapovickasia macrodon</i> (A.DC.) Fryxell	Erva	Nativa
<i>Peltaea edouardii</i> (Hochr.) Krapov. & Cristóbal	Erva	Nativa
<i>Peltaea polymorpha</i> (A.St.-Hil.) Krapov. & Cristóbal	Erva	Nativa
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Subarbusto	Nativa
Melastomataceae		
<i>Cambessedesia espora</i> (A.St.-Hil. ex Bonpl.) DC.	Subarbusto	Nativa
<i>Leandra lancifolia</i> Cogn.	Arbusto	Nativa
<i>Leandra rigida</i> Cogn.	Subarbusto	Nativa
<i>Miconia chamissois</i> Naudin	Arbusto	Nativa
<i>Miconia cinerascens</i> Miq.	Árvore/Arbusto	Nativa
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	Árvore/Arbusto	Nativa
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	Árvore/Arbusto	Nativa
<i>Miconia</i> sp	Arbusto	Nativa
<i>Microlicia fasciculata</i> Mart. ex Naud.	Subarbusto	Nativa
<i>Ossaea congestiflora</i> (Naudin) Cogn.	Subarbusto	Nativa
<i>Tibouchina fissinervia</i> (Schrank & Mart. ex DC.) Cogn.	Árvore/Arbusto	Nativa
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	Árvore/Arbusto	Nativa
<i>Tibouchina hieracioides</i> (DC.) Cogn.	Erva	Nativa
<i>Trembleya parviflora</i> (D.Don) Cogn.	Arbusto	Nativa
Myrsinaceae		
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Árvore/Arbusto	Nativa
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Árvore/Arbusto	Nativa
Myrtaceae		
<i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg	Arbusto	Nativa
<i>Campomanesia pubescens</i> (DC.) O.Berg	Árvore/Arbusto	Nativa
<i>Psidium grandifolium</i> Mart. ex DC.	Arbusto	Nativa
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	Árvore/Arbusto	Nativa
Orobanchaceae		
<i>Rhamphicarpa fistulosa</i> (Hochst.) Benth.	Erva	Nativa
Passifloraceae		
<i>Passiflora foetida</i> L.	Trepadeira	Nativa

... Continuação Tabela 1.

Família / Espécie	Forma de Vida*	Origem**
Poaceae		
<i>Andropogon bicornis</i> L.	Erva	Nativa
<i>Andropogon leucostachyus</i> Kunth	Erva	Nativa
<i>Aristida jubata</i> (Arechav.) Herter	Erva	Nativa
<i>Aristida recurvata</i> Kunth	Erva	Nativa
<i>Axonopus aureus</i> P.Beauv.	Erva	Nativa
<i>Ctenium cirrhosum</i> (Nees) Kunth	Erva	Nativa
<i>Echinoalaena inflexa</i> (Poir.) Chase	Erva	Nativa
<i>Eliionurus muticus</i> (Spreng.) Kuntze	Erva	Nativa
<i>Ichnanthus pallens</i> (Sw.) Munro ex Benth.	Erva	Nativa
<i>Loudetiopsis chrysothrix</i> (Nees) Conert	Erva	Nativa
<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.	Erva	Naturalizada
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	Erva	Naturalizada
<i>Panicum campestre</i> Nees ex Trin.	Erva	Nativa
<i>Panicum pilosum</i> Sw.	Erva	Nativa
<i>Panicum sellowii</i> Nees	Erva	Nativa
<i>Paspalum notatum</i> Flüggé	Erva	Nativa
<i>Paspalum pilosum</i> Lam.	Erva	Nativa
<i>Paspalum plicatulum</i> Michx.	Erva	Nativa
<i>Paspalum polyphyllum</i> Nees	Erva	Nativa
<i>Schizachyrium tenerum</i> Nees	Erva	Nativa
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguelen	Erva	Nativa
<i>Sporobolus ciliatus</i> J.Presl	Erva	Nativa
<i>Steinchisma decipiens</i> (Nees ex Trin.) W.V.Br.	Erva	Nativa
<i>Trachypogon spicatus</i> (L.f.) Kuntze	Erva	Nativa
<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster	Erva	Naturalizada
<i>Urochloa ruziziensis</i> (R.Germ.& Evrard) Crins	Erva	Naturalizada
Polygalaceae		
<i>Polygala bracteata</i> A.W.Benn.	Erva	Nativa
<i>Polygala paniculata</i> L.	Erva	Nativa
<i>Polygala</i> sp	Erva	Nativa
Pteridophita		
<i>Anemia raddiana</i> Link	Erva	Nativa
<i>Anemia tomentosa</i> (Sav.) Sw.	Erva	Nativa
Rosaceae		
<i>Rubus urticifolius</i> Poir.	Arbusto	Nativa
Rubiaceae		
<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Erva	Nativa
<i>Borreria</i> sp	Erva	Nativa
<i>Declieuxia cordigera</i> Mart. & Zucc. ex Schult. & Schult.f.	Erva	Nativa
Solanaceae		
<i>Nierembergia repens</i> Ruiz & Pav.	Erva	Nativa
<i>Solanum aculeatissimum</i> Jacq.	Subarbusto	Nativa
<i>Solanum americanum</i> Mill.	Erva	Nativa
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	Arbusto	Nativa

... Continuação Tabela 1.

Família / Espécie	Forma de Vida*	Origem**
Turneraceae		
<i>Turnera hilaireana</i> Urb.	Erva	Nativa
<i>Turnera</i> sp	Erva	Nativa
Verbenaceae		
<i>Lippia</i> sp1	Erva	Nativa
<i>Lippia</i> sp2	Erva	Nativa
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.) Vahl	Subarbusto	Nativa

* Rankiaer (1934) adaptado por Pifano et al. (2010).

*/** Fonte: Lista de Espécies da Flora do Brasil (2013).

As famílias mais representativas na amostragem foram Asteraceae (43 espécies), Poaceae (26 espécies), Melastomataceae (14 espécies) e Fabaceae (10 espécies). Essas quatro famílias juntas representaram cerca de 60% da riqueza de espécies encontrada em campo. Os outros 40% da riqueza específica se distribuíram entre 59 espécies de 28 famílias. Projetos de restauração ecológica devem utilizar um grande número de espécies nativas. A representatividade de suas famílias pode ser um dos critérios de seleção, uma vez que é indicativa do sucesso do táxon em determinado ambiente (JACOBI et al., 2008).

Rezente et al. (2013), estudando a composição florística da Serra da Pedra Branca, também no município de Caldas, MG; encontraram 264 espécies campestres altimontanas. Nessas áreas observou-se a predominância das famílias: Poaceae, Cyperaceae, Orchidaceae, Bromeliaceae, Asteraceae e Fabaceae. Do mesmo modo, Mocoichinski e Scheer (2008), estudando a flora de 6 áreas de campos altimontanos da Serra do Mar paranaense encontraram 280 espécies, pertencentes a 73 famílias botânicas. As famílias mais ricas foram: Asteraceae (44 espécies), Poaceae (31 espécies) e Melastomataceae (17 espécies). Em

termos de diversidade, esses resultados se assemelham aos encontrados, uma vez que mais de 45% das espécies encontradas pertencem as famílias Poaceae e Asteraceae.

Em função dos poucos estudos sobre a flora dos campos de altitude, bem como pela similaridade da paisagem e pelo compartilhamento de táxons com os campos rupestres (VASCONCELOS et al., 2011), utilizou-se trabalhos sobre essas fitofisionomias para análise comparativa dos resultados obtidos.

Desta forma, Caiafa e Silva (2005), analisando a composição florística de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, MG, identificaram 81 espécies vasculares, distribuídas em 60 gêneros e 31 famílias. As famílias que mais contribuíram para a riqueza específica foram: Orchidaceae (14 espécies), Asteraceae (12 espécies), Melastomataceae (8 espécies), e Cyperaceae (7 espécies). Tais achados diferiram muito dos resultados sobre os campos de altitude da região do planalto de Poços de Caldas, MG.

Scalon et al. (2012), levantando a vegetação dos remanescentes de campos rupestres sobre canga em Ouro Preto, MG, identificaram 137 espécies, distribuídas em 35 famílias. As famílias mais abundantes foram Asteraceae, Fabaceae, Poaceae. Messias et al. (2012), trabalhando nos campos ferruginosos do quadrilátero ferrífero da mesma região, identificaram 224 espécies pertencentes a 62 famílias. As famílias que mais contribuíram para a riqueza foram: Asteraceae, Melastomataceae e Poaceae. Indo ao encontro aos resultados obtidos neste estudo, sendo as mesmas famílias, as mais representativas.

Os resultados da análise de agrupamento para os padrões florísticos caracterizados (Figura 1), sugerem inicialmente, a formação de dois grupos principais: o primeiro formado pelos campos de altitude do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (CAIAFFA; SILVA, 2005) e da Serra do Mar Paranaense (MOCOCHINSKI; SCHEER, 2008); e outro formado pelas demais áreas.

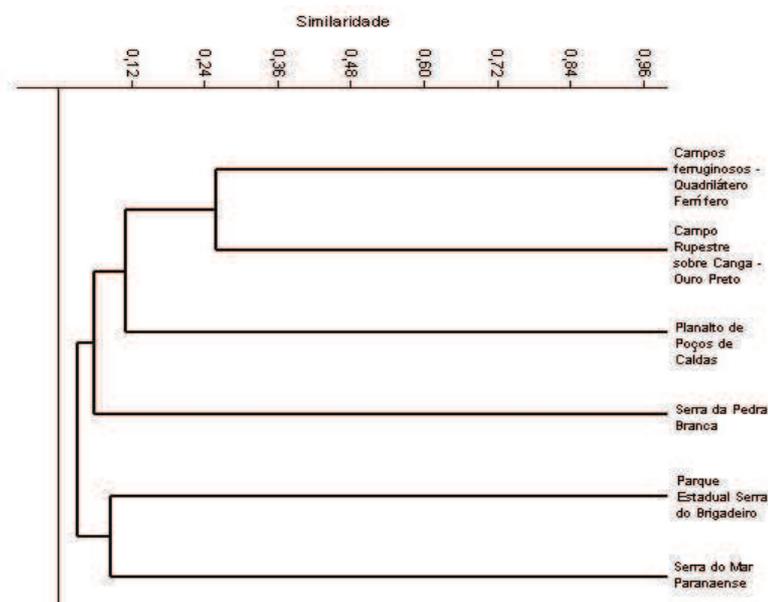


Figura 1. Dendrograma da análise de similaridade, utilizando o conceito de agrupamento hierárquico de Cluster para diferentes áreas campestres.

Analizando ainda o dendrograma de similaridade, verificou-se que no segundo agrupamento, as áreas dos campos ferruginosos (MESSIAS et al., 2012) e dos campos rupestres sobre canga (SCALON et al., 2012), ambas áreas com afloramento de minério de ferro, se mostraram próximas floristicamente das áreas campestres do planalto de Poços de Caldas, onde

ocorrem as jazidas de bauxita, e ainda que distantes geograficamente, compartilham espécies na sua composição florística.

Apesar da área do Parque da Serra da Pedra Branca (REZENDE et al., 2013) se localizar próxima a área do presente estudo, elas se encontram separadas pela análise de agrupamento de Cluster; possivelmente, devido ao maior esforço de campo empregado no levantamento florístico do Parque da Serra da Pedra Branca, onde todos os táxons do ambiente foram levantados.

Conforme a classificação segundo suas respectivas formas de vida pode-se observar (Figura 2), o predomínio de espécies que compõe o estrato herbáceo. Das 152 espécies identificadas, 54,05% foram classificadas como plantas herbáceas; 16,89% como subarbustivas; 14,86% como arbustivas; 9,46% como arbóreas/arbustivas, mesmo existindo raras ocorrências de indivíduos florestais em porte arbóreo nas formações campestres; e 4,74% como trepadeiras.

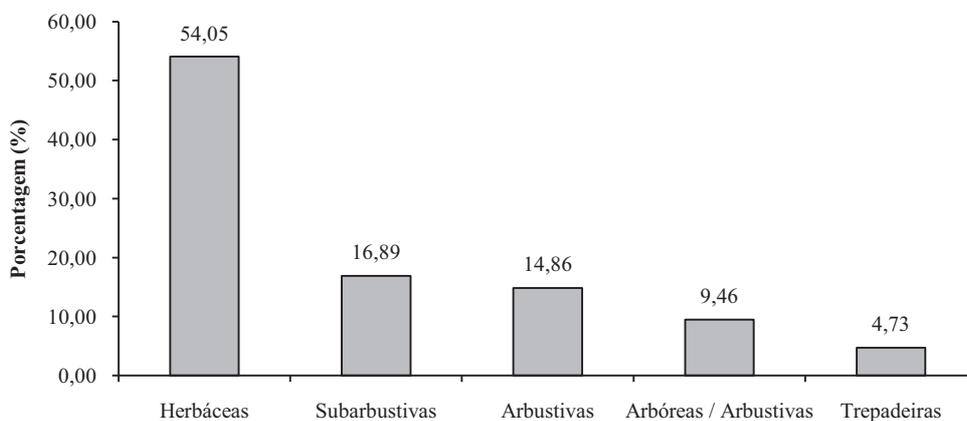


Figura 2. Distribuição das espécies de acordo com a classificação das formas de vida de Rankiaer (1934), adaptado por Pifano et al. (2010), em área de campo altimontano sobre corpos de bauxita, no planalto de Poços de Caldas, MG.

Em estudos conduzidos por Scalon et al. (2012) nos campos rupestres sobre canga em Ouro Preto, MG, verificaram o predomínio de espécies herbáceas (40,3%), arbustivas (37,5%), subarbustivas (13,8%), trepadeiras (4,2%) e arbóreas (4,2%), corroborando quanto à predominância do estrato herbáceo sobre os demais, nas formações campestres naturais. Rezende et al. (2013) encontrou resultados semelhantes nos campos de altitude da Serra da Pedra Branca, Caldas, MG, confirmando o predomínio de espécies herbáceas.

Analisando a legislação atual que define o *status* de conservação da flora brasileira, somente a espécie arbórea *Ocotea pulchella* Mart. (Lauraceae) está categorizada como em perigo em função da destruição dos habitats e das populações isoladas em declínio pela Deliberação COPAM 085/1997 (MINAS GERAIS, 1997).

3.2. Definição do esforço amostral

A partir da caracterização da riqueza de espécies estimada através do estimador Jackknife de primeira ordem, com cem aleatorizações e reposição da posição das unidades amostrais (UA), obteve-se uma curva média de riqueza visando minimizar o efeito da posição de cada UA no seu comportamento. Os intervalos de confiança, representados pelas linhas verticais ao longo da curva média estimada, demonstram sua variação em torno dos valores médios de riqueza. Analisando a Figura 3, observa-se que a curva de esforço amostral estimado não apresentou tendência visual nítida de estabilização. Este padrão é comum em levantamentos florísticos em regiões tropicais (SHILLING; BATISTA,

2008). Ainda assim, fazem-se necessárias ponderações a partir do prisma prático e operacional, pois os custos do levantamento tornam-se, muitas vezes, onerosos e inviáveis (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997) em função do incremento de poucas espécies novas.

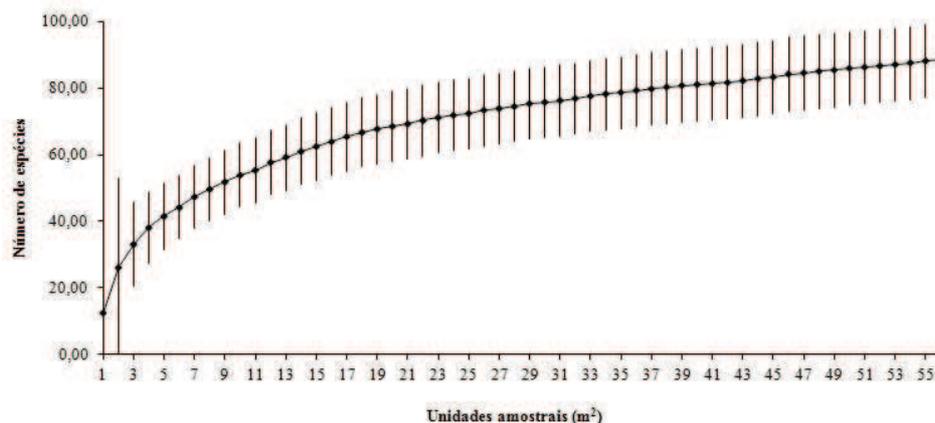


Figura 3. Curva acumulativa de riqueza estimada pelo estimador de riqueza Jackknife de primeira ordem, em função do esforço amostral e respectivo intervalo de confiança, para área de campo altimontano sobre corpos de bauxita, no planalto de Poços de Caldas. MG.

Do ponto de vista ecológico, sabe-se que as espécies vegetais existentes em ambientes naturais só podem ser totalmente identificadas a partir do censo, que consiste no levantamento de 100% da comunidade estudada (BRAUN-BLANQUET, 1932). Desta forma, os problemas da abordagem da curva espécie-área, baseiam-se nas dificuldades de obtenção do ponto de assíntota, pois o número de espécies tende a aumentar com o incremento do esforço amostral, até o ponto em que a área de toda comunidade tenha sido acumulada (WILLIAMSON et al., 2001; SCHILLING; BATISTA, 2008).

Para levantamentos expeditos que visem subsídios para determinação de variáveis aplicáveis a atividades práticas de restauração ecológica, bem como para avaliação de impactos, sugere-se considerar a tendência de estabilização da curva de acordo com critérios aplicáveis ao objetivo do levantamento, visto que esta pode indicar a representatividade da amostragem. Cain e Castro (1959) definem como critério de estabilização da curva do coletor para ambientes florestais, situações em que acréscimos de 10% na área amostrada proporcionem acréscimos inferiores a 10% no número de novas espécies. No presente estudo, mesmo amostradas 56 parcelas (56 m²), essa tendência foi obtida a partir do levantamento de 30 unidades amostrais, o que correspondeu a 30 m². A partir deste ponto, o incremento de novas espécies observadas em função do aumento de cada 1 m² de amostragem foi inferior a 1%.

Analisando os resultados obtidos entre a riqueza observada e a riqueza estimada pelo estimador de riqueza *Jackknife* de primeira ordem (Figura 4), verifica-se que o esforço amostral foi satisfatório uma vez que amostragem realizada representou 86,84% da riqueza estimada. Ferreira e Setubal (2009), estudando os campos naturais no sul do país, obtiveram 76% do valor recuperado pelo estimador, considerando-o alto em função das particularidades intrínsecas aos procedimentos de amostragem.

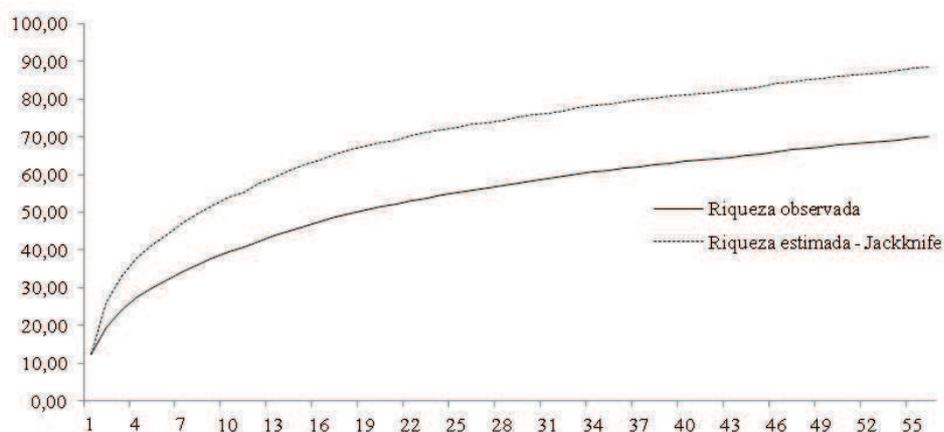


Figura 4. Curva de acumulação da riqueza observada e estimada pelo estimador de riqueza Jackknife, para área de campo altimontano sobre corpos de bauxita, no planalto de Poços de Caldas. MG.

No levantamento estrutural da vegetação campestre de altitude, foram encontradas 70 espécies. Entretanto, o estimador de riqueza Jackknife apresentou como valores mínimos e máximos, respectivamente, 78 e 100 espécies. Observa-se, que os valores de riqueza encontrados no levantamento florístico, os quais já contemplam aqueles obtidos no levantamento estrutural, superam o estimador de riqueza em 52 espécies, totalizando 152. Demonstrando, mais uma vez a eficiência dos procedimentos de amostragem adotados.

3.3. Caracterização da estrutura dos campos altimontanos

A partir dos resultados acerca da estrutura da comunidade campestre altimontana sobre corpos de bauxita, verificou-se a ocorrência de 70 espécies. Na Tabela 2 estão representados os resultados dos parâmetros fitossociológicos determinados.

Tabela 2. Espécies amostradas no ambiente campestre altimontano sobre corpos de bauxita no planalto de Poços de Caldas, MG, apresentadas em ordem decrescente de VI, em que: DR, Densidade Relativa (%); FR, Densidade relativa (%); DoR, Dominância Relativa (%); VI, Valor de Importância (%).

Nome Científico	DR	FR	DoR	VI
<i>Echinolaena inflexa</i>	20,02	6,79	5,69	32,50
<i>Schizachyrium tenerum</i>	10,55	6,37	12,18	29,10
<i>Aristida jubata</i>	5,19	5,68	14,77	25,64
<i>Ageratum fastigiatum</i>	9,60	6,23	1,70	17,54
<i>Andropogon leucostachyus</i>	5,02	7,20	3,68	15,91
<i>Paspalum pilosum</i>	4,58	6,23	0,78	11,59
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	4,68	5,40	1,21	11,29
<i>Melinis minutiflora*</i>	4,65	3,05	3,38	11,08
<i>Miconia sp</i>	3,12	3,88	0,74	7,74
<i>Polygala sp</i>	3,53	3,88	0,21	7,62
<i>Achyrocline satureioides</i>	2,65	3,74	0,61	6,99
<i>Borreria capitata</i>	1,90	3,60	0,08	5,58
<i>Hyptis lippoides</i>	2,27	3,05	0,07	5,39
<i>Ruellia geminiflora</i>	1,32	3,05	0,11	4,48
<i>Urochloa decumbens*</i>	1,39	1,80	1,03	4,22
<i>Andropogon bicornis</i>	0,92	1,94	1,20	4,05
<i>Eriosema crinitum</i>	1,29	2,22	0,15	3,65
<i>Leandra lancifolia</i>	1,43	1,94	0,25	3,61
<i>Baccharis crispa</i>	1,26	1,66	0,62	3,54
<i>Anemia raddiana</i>	1,73	1,52	0,13	3,39
<i>Baccharis tarchonanthoides</i>	1,26	1,11	0,32	2,68
<i>Campomanesia pubescens</i>	1,02	0,69	0,67	2,38
<i>Desmodium sp</i>	1,15	0,97	0,08	2,20
<i>Tibouchina granulosa</i>	0,95	0,83	0,18	1,96
<i>Peltaea polymorpha</i>	0,61	0,97	0,13	1,71
<i>Chaptalia integerrima</i>	0,37	1,25	0,04	1,66
<i>Krapovickasia macrodon</i>	0,48	1,11	0,03	1,62
<i>Aristida recurvata</i>	0,34	0,69	0,45	1,48
<i>Euphorbia potentilloides</i>	0,27	1,11	0,01	1,39
<i>Ageratum myriadenium</i>	0,37	0,69	0,21	1,28
<i>Borreria sp</i>	0,51	0,69	0,01	1,22
<i>Psidium grandifolium</i>	0,20	0,69	0,08	0,97
<i>Miconia sellowiana</i>	0,34	0,55	0,04	0,94
<i>Ipomoea sp</i>	0,41	0,42	0,10	0,93
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	0,27	0,55	0,05	0,87
<i>Solanum aculeatissimum</i>	0,17	0,55	0,06	0,79
<i>Varronia curassavica</i>	0,14	0,55	0,05	0,74
<i>Melinis repens*</i>	0,41	0,28	0,05	0,73
<i>Panicum sellowii</i>	0,34	0,28	0,08	0,69
<i>Achyrocline alata</i>	0,24	0,42	0,01	0,66

... Continuação Tabela 2.

Nome Científico	DR	FR	DoR	VI
<i>Lippia sp2</i>	0,17	0,42	0,02	0,60
<i>Chaptalia nutans</i>	0,14	0,42	0,03	0,58
<i>Desmodium affine</i>	0,14	0,42	0,01	0,56
<i>Ipomoea delphinioides</i>	0,10	0,42	0,02	0,54
<i>Bulbostylis capillaris</i>	0,10	0,42	0,01	0,52
<i>Cuphea carthagenensis</i>	0,24	0,28	0,01	0,52
<i>Baccharis pentodonta</i>	0,14	0,14	0,20	0,47
<i>Chaptalia runcinata</i>	0,17	0,28	0,02	0,47
<i>Chaptalia araneosa</i>	0,17	0,28	0,02	0,46
<i>Campomanesia adamantium</i>	0,07	0,28	0,10	0,45
<i>Solanum lycocarpum</i>	0,07	0,28	0,08	0,42
<i>Cambessedesia espora</i>	0,14	0,28	0,00	0,42
<i>Vernonanthura brasiliana</i>	0,20	0,14	0,05	0,39
<i>Lippia sp1</i>	0,20	0,14	0,03	0,37
<i>Desmodium tortuosum</i>	0,17	0,14	0,02	0,33
<i>Desmodium barbatum</i>	0,14	0,14	0,03	0,31
<i>Pyrostegia venusta</i>	0,03	0,14	0,13	0,30
<i>Tibouchina parviflora</i>	0,07	0,14	0,09	0,30
<i>Ipomoea fimbriosepala</i>	0,14	0,14	0,02	0,29
<i>Trachypogon spicatus</i>	0,10	0,14	0,03	0,27
<i>Bidens pilosa*</i>	0,07	0,14	0,03	0,24
<i>Sapium glandulosum</i>	0,03	0,14	0,07	0,24
<i>Myrcia tomentosa</i>	0,03	0,14	0,01	0,19
<i>Setaria parviflora</i>	0,03	0,14	0,01	0,19
<i>Polygala bracteata</i>	0,03	0,14	0,01	0,18
<i>Pterocaulon virgatum</i>	0,03	0,14	0,01	0,18
<i>Calolisianthus sp</i>	0,03	0,14	0,00	0,18
<i>Gnaphalium sp</i>	0,03	0,14	0,00	0,18
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	0,03	0,14	0,00	0,18
Cobertura vegetal morta	0,00	0,00	42,13	42,13
Solo exposto	0,00	0,00	5,55	5,55

* Espécies naturalizadas segundo a Lista de Espécies da Flora do Brasil.

As sete espécies mais importantes da assembleia campestre estudada, segundo o valor de importância (VI), foram *Echinolaena inflexa* (32,50 %), *Schizachyrium tenerum* (29,10 %), *Aristida jubata* (25,64 %), *Ageratum fastigiatum* (17,54 %), *Andropogon leucostachyus* (15,91 %), *Paspalum pilosum* (11,59 %) e *Baccharis dracunculifolia* (11,29 %). Essas espécies juntas totalizam cerca de metade do VI de toda

amostragem. Nota-se que dentre essas espécies, cinco pertencem à família Poaceae e duas a família Asteraceae. Cervi et al. (2007) comentam que em formações vegetais abertas, tais como os campos de altitude, é significativa a cobertura proporcionada por espécies da família Poaceae, estando sempre associada a elevadas concentrações de espécies. As variações dessa fitofisionomia compõem um mosaico, formado por arbustos inseridos em matrizes de gramíneas, com outras espécies herbáceas e algumas pteridófitas (SAFFORD, 1999).

Analisando os dados apresentados, observa-se a contribuição da densidade na composição do VI da espécie com maior valor (*Echinolaena inflexa* – Poaceae); já, a segunda espécie com maior VI (*Schizachyrium tenerum* – Poaceae) apresentou a dominância como preponderante para seu elevado valor; nota-se, entretanto, uma baixa ocupação do espaço no universo amostral em função dos baixos valores de densidade. Os elevados valores de frequência relativa encontrados para as 5 espécies com maior valor de importância, corroboram com o pressuposto por Mourão e Stehmann (2007), que afirmam que essas espécies recorrentes podem ter grande potencial para utilização em projetos de restauração ecológica.

As áreas campestres altimontanas sobre corpos de bauxita na região do planalto de Poços de Caldas apresentam poucos afloramentos rochosos, mesmo estando localizadas nos pontos mais elevados das formações montanhosas. A vegetação rasteira predomina na paisagem, e a altura média da vegetação amostrada foi de 0,72 m. De acordo com os levantamentos realizados verificou-se que a porção de solo exposto representou 5,55% da cobertura total, mesmo entremeada por uma

espessa camada de matéria seca, que perfaz um montante de 42,13% de cobertura. Ressalta-se que na região, entre os meses de julho e setembro é frequente a ocorrência de geadas, atingindo temperaturas inferiores a -3°C, evento que pode justificar os elevados valores de cobertura da matéria seca encontrados (ICMBio, 2010).

A invasão de um ambiente ou ecossistema por uma espécie exótica dá-se o nome de contaminação biológica. Esse processo refere-se aos danos causados pelas espécies que não fazem parte, naturalmente, de determinado ambiente, mas que se naturalizam, passam a colonizar o ambiente e provocam mudanças em seu funcionamento, não permitindo sua recuperação natural (ZILLER, 2001). Atualmente essa problemática tem sido muito discutida, bem como a urgência de adoção de práticas visando o controle e manejo, subsidiando a criação de leis específicas para evitar este tipo de contaminação (ESPÍNDOLA et al., 2011).

Dentre as espécies invasoras clássicas podemos destacar a *Casuarina equisetifolia*, *Cassia mangium* e *Mimosa scrabella*. Entretanto, as espécies do gênero: *Urochloa* e *Melinis* são dos mais problemáticos. No sul do Brasil, a espécie *Eragrostis spp.*, também conhecida como capim-anoni ameaça os sistemas produtivos na região dos campos naturais; estima-se que, cerca de 20% dos campos naturais estejam sofrendo processo de invasão biológica. Já o capim-gordura, *Melinis minutiflora*, assim como diversas espécies do gênero *Urochloa*, ameaçam a diversidade natural do cerrado no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, no planalto central, sendo igualmente comum em muitas outras regiões (ZILLER, 2001).

Correlacionando os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2, verifica-se que 16,27% do VI corresponde a espécies exóticas, que apresentam comportamento agressivo de ocupação do espaço, dentre as quais predominam os gêneros *Melinis* (11,81%) e *Urochloa* (4,22%). Dentre as principais ameaças ao funcionamento dos diversos ecossistemas e a conservação da biodiversidade, a contaminação biológica é a mais importante (MARTINS et al., 2004; MOCOCHINSKI; SCHEER, 2008). A espécie *Melinis minutiflora* tem a capacidade de produzir grande quantidade de biomassa quando comparada a outras espécies nativas da região. As variações ambientais podem potencializar sua agressividade de colonização, ou até substituir as espécies nativas locais (MARTINS et al., 2004).

Uma vez presentes no ambiente natural, às espécies invasoras se tornam agentes de transformação e dificilmente serão erradicadas se não forem controladas precocemente. Neste sentido, planos de restauração de ambientes naturais precisam incorporar estratégias referentes ao manejo de invasões biológicas, sejam elas as causas ou as consequências da degradação (ZENNI, 2010; MARTINS et al., 2004).

Esse assunto está amplamente difundido na literatura científica – e vários foram os trabalhos científicos caracterizando as impropriedades do uso de espécies exóticas como ferramenta para a restauração de ambientes degradados (ESPÍNDOLA et al., 2011; DA SILVA et al., 2011; DURIGAN et al., 2004), bem como dos impactos ambientais da contaminação biológica (SANTOS JÚNIOR et al., 2010; ROSSI et al., 2010; DIAS; VARGAS, 2010; BOURSCHEID; REIS, 2010).

O valor do Índice de Equabilidade de Pielou (J') encontrado foi 0,7297, podendo ser considerado alto; indicando uma tendência de distribuição uniforme das espécies nas UA (KNIGHT, 1975; CENCI et al., 2013; FRIZON et al, 2013). O Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H') foi 3,10 nats. Em função da escassez de trabalhos sobre a composição florística das comunidades campestres de altitude, foram utilizados indicadores oriundos de trabalhos em diferentes fitofisionomias, porém todas campestres.

Amaral et al. (2006) estudando uma área rupestre no Distrito Federal, encontrou valor de diversidade igual a 3,08 nats, indicando, segundo os autores, a elevada diversidade dos ambientes campestres, podendo até ser comparada com a diversidade de formações mais complexas na mesma região. Ferreira e Setubal (2009) encontraram valores de $H' = 3,63$ nats e $J' = 0,87$ para os campos naturais da costa litorânea do estado do Rio Grande do Sul. Munhoz e Felfili (2006) estudando o estrato herbáceo-subarbustivo de uma área de campo sujo na região central do País, através de medições periódicas, obtiveram H' variando de 3,00 a 3,20 nats. Outro estudo das mesmas autoras na mesma região, em um campo limpo úmido apontou, em cinco medições periódicas, diversidade variando de 2,40 a 2,70 nats (MUNHOZ; FELFILI, 2008).

Analisando os índices de diversidade de diferentes fitofisionomias campestres, quando comparados com os valores obtidos no presente trabalho, pode-se considerar elevados os valores obtidos no presente trabalho, destacando a importância da conservação ambiental apropriada e que contemple os ecossistemas, bem como a criação de métodos de

restauração ecológica desses ecossistemas sobre interferência dos empreendimentos minerários.

O uso dos princípios teóricos da ecologia vegetal em ecossistemas degradados constitui uma ferramenta fundamental para a restauração, uma vez que através de práticas artificiais, tenta-se simular os mecanismos naturais, induzindo o surgimento de novas espécies de diferentes estágios sucessionais (VALCARCEL; SILVA, 2004). Entretanto, as espécies potenciais para projetos de restauração ambiental devem ser capazes de se estabelecer e reproduzir na área degradada, permitindo também, a recolonização do local por espécies de outros estágios sucessionais (LE STRADIC et al., 2014).

Assim, a indicação das espécies deve considerar, também, sua ocorrência nos diferentes estratos da vegetação do ambiente considerado, pressupondo sua adaptação às condições ambientais locais (PINTO et al., 2005). Messias et al. (2012) afirmam que os trabalhos dessa natureza, geram conhecimentos fundamentais para as atividades de restauração ecológica, e ainda sugerem a utilização de algumas espécies nativas dominantes da família Poaceae como opções promissoras para utilização em atividades de restauração ecológica. Corroborando com os autores supracitados, Jacobi et al. (2008) sugerem a utilização de espécies das famílias Poaceae e Asteraceae nos projetos de restauração ambiental de áreas campestres, devido ao rápido crescimento característico e boa cobertura inicial de solo exposto.

4. CONCLUSÕES

Em função dos valores de importância encontrados, as espécies: *Echinolaena inflexa*, *Schizachyrium tenerum*, *Aristida jubata*, *Ageratum fastigiatum*, *Andropogon leucostachyus*, *Paspalum pilosum* e *Baccharis dracunculifolia*, apresentam potencial para utilização em projetos de restauração ecológica. Sugere-se a incorporação dos propágulos dessas espécies no coquetel de sementes utilizados para restauração de ambientes semelhantes aos estudados.

Ressalta-se a importância de se criar mecanismos inibidores dos processos de contaminação biológica nas áreas em processo de restauração, assim como o uso de espécies exóticas, especialmente aquelas com comportamento invasor, devem ser evitado.

Os valores de diversidade obtidos no presente trabalho foram elevados, destacando a importância da criação de estratégias eficientes de restauração ecológica desses ambientes. Entretanto, muito ainda há de ser estudado sobre esses ambientes campestres de altitude, uma vez que são poucas as informações acerca da fisiologia, ecologia das espécies, fenologia, comportamento propagativo e exigências nutricionais das espécies.

Assim, de acordo com a discussão dos resultados apresentados foi possível afirmar que a utilização das espécies nativas mais importantes da comunidade estudada, potencializa a possibilidade de sucesso nos projetos de restauração ambiental.

5. AGRADECIMENTOS

Aos colegas e amigos que estiverem ao meu lado durante a execução deste trabalho. Aos Professores Paulo Oswaldo Garcia, Luis Antônio Coimbra Borges, Rubens Manoel dos Santos, Pedro Viana, Douglas Carvalho, Mariana Esteves e Luciana Botezzeli. Ao Daniel Quedes e Bruno Senna. À FAPEMIG e a CAPES pelo apoio Financeiro. Em especial à Votorantim Metais – Companhia Brasileira de Alumínio e aos amigos que lá possuo.

FLORISTIC AND PHYTOSOCIOLOGY OF ALTITUDE FIELDS AS A TOOL FOR ECOLOGICAL RESTORATION

Abstract: Degraded ecosystems require methods of ecological restoration as a measure to assist their recovery, however these should be focused on rehabilitation of ecological functions for the future environment. Studies, which aim to generate knowledge about the ecology of species, are important, since the characterization of the floristic composition is an important prerequisite for any study on ecology and phytogeography, seeking activities of natural resources recovery. The objective of this study was to generate knowledge about the composition and structure of upper montane campestrial communities over bauxite bodies, allowing inferences about potential native campestrial species for use in ecological restoration of mined areas. The studied area is inserted in Poços de Caldas plateau region. This is located in a mountainous region where geological substratum is formed by an alkaline massive, rich in bauxite. To achieve the proposed objectives, we conducted a floristic survey through the method of walking and a phytosociological study by evaluating the surface by plot method. Thus, 56 plots with 1m² were distributed, where all herbaceous and shrubs larger than 2cm were counted and identified. In order to assess the coverage of the species counted and the percentage of exposed soil, Braun-Blanquet scale was used. From the count, the species identification and the characterization of the respective coverage within plots, phytosociological parameters were calculated and Shannon diversity (H') index and Pielou Evenness (J') were calculated. 370 specimens were collected, distributed in 32 families and 96 genera. The most representative families in the sample were Asteraceae, Poaceae, Melastomataceae and Fabaceae. These four families together represented about 60% of species wealth observed in the field. The other 40% of specific wealth were distributed among 59 species of 28 families. It was found that the portion of the exposed soil represented 5.55% of the total coverage even interspersed with a thick layer of dry matter, which amounts 42.13% of coverage. As the classification of species according to their respective ways of life, we can observe the predominance of species that make up the herbaceous stratum. Analyzing the results obtained between the observed wealth and wealth estimated by Jackknife wealth estimator of first order, we found that the sample effort was satisfactory

since the sample performed represented 86.84% of the estimated wealth. The most important species of the studied sample, according to the value of importance (VI), were *Echinolaena inflexa*, *Schizachyrium tenerum*, *Aristida jubata*, *Ageratum fastigiatum*, *Andropogon leucostachyus*, *Paspalum pilosum* and *Baccharis dracunculifolia*. J' were 0,7297 and $H' = 3,10$ nats. Thus, according to the discussion of the presented results it was possible to affirm that the use of the most important native species in the studied community enhances the possibility of successful in environmental restoration projects. Diversity values obtained in this study were high, highlighting the importance of developing efficient strategies for ecological restoration of these environments.

Index terms: Altitude Fields, Vegetation Ecology, Bauxite Mining, Environmental Recovery of Degraded Areas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. J. V.; KOLBEK, J. Can campo rupestre vegetation be floristically delimited based on vascular plant genera? **Plant Ecology**, Oxford, v. 207, n. 1, p. 67-79, mar. 2010.
- AMARAL, A. G.; PEREIRA, F. F. O.; MUNHOZ, C. B. R. Fitossociologia de uma área de cerrado rupestre na Fazenda Sucupira, Brasília-DF. **Cerne**, v. 12, n. 4, p. 350-359, 2006.
- APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 161, n. 2, p. 105-121, oct. 2009.
- ASSIS, R. L.; FERREIRA, M. M.; MORAIS, E. J.; CARNEIRO, C. J. G.; DIAS JÚNIOR, M. S. Comportamento da umidade e do armazenamento de água no solo em plantio de *Eucalyptus urophylla* sob diferentes espaçamentos em comparação com a vegetação de cerrado na região de Bocaiúva (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 1, p. 79-86, jan./mar. 1998.
- BARROS, D. A.; GUIMARÃES, J. C. C.; PEREIRA, J. A. A.; BORGES, L. A. C.; SILVA, R. A.; PEREIRA, A. A. S. Characterization of the bauxite mining of the Poços de Caldas alkaline massif and its socio-environmental impacts. Rem: **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 65, n. 1, p. 127-133, jan./mar. 2012.
- BARROS, D. A.; PEREIRA, J. A. A.; FERREIRA, M. M.; SILVA, B. M.; FILHO, D. F.; NASCIMENTO, G. O. Soil physical properties of high mountain fields under bauxite mining. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 37, n. 5, p. 419-426, set/out. 2013.
- BOURSCHEID, K.; REIS, A. Dinâmica da invasão de *Pinus elliottii* Engelm. em restinga sob processo de restauração ambiental no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC. **Biotemas**, v. 23, n. 2, p. 23-30, 2010.
- BRASIL. Lei nº11.428 de 22 de dezembro de 2006. **Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica e dá outras providências**. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm> (Acesso em 25 de março de 2012).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. 2008. **Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção**. Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente nº 06/2008. Disponível em: <www.ibama.gov.br/sisbio>. Acesso em: 20 Ago. 2013.

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid: Blume, 1979. 820p.

BRAUN-BLANQUET, J. **Plant sociology**. New York: McGraw Hill, 1932. 439p.

CAIAFA, A. N.; SILVA, A. F. Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais–Brasil. **Rodriguésia**, v. 56, n. 87, p. 163-173, 2005.

CAIN, S. A.; CASTRO, G.M.O. **Manual of vegetation analysis**. New York: Harper & Brothers. 1959.

CAPELO, J. **Conceitos e Métodos da Fitossociologia: Formulação Contemporânea e Métodos Numéricos de Análise de Vegetação**. Lisboa: Estação Florestal Nacional e Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, 2003.107 p.

CAVALCANTE, J. C.; CUNHA, H. C. S.; CHIEREGATI, L. A.; KAEFER, L. Q.; ROCHA, J. M.; DAITX, E. C.; COUTINHO, M. G. M.; YAMAMOTO, K.; DRUMMOND, J. B. V.; ROSA, D. B.; RAMALHO, R. Projeto Sapucaí (Relatório Final de Geologia), DNPM/CPRM, Série Geológica 4, Seção Geologia Básica 2, 1979. 299 p.

CENCI, B. T.; DORNELES, L. T.; SIMIONI, E. L.; FRIZON, S.; TRAVI, V. H. Composition of the tree flora in the Botanical Garden of Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 137-149, 2013.

CERVI, A. C.; LINSINGEN, L.; HATSCHBACH, G; RIBAS, O. S. A Vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, Município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Bol. Mus. Bot. Mun.**, Curitiba, v. 69, p. 01-52, 2007.

CHOI, Y. D.; TEMPERTON, V. M.; ALLEN, E. B.; GROOTJANS, A. P.; HALASSY, M.; HOBBS, R. J.; NAETH, M. A.; TOROK, K. Ecological restoration for future sustainability in a changing environment. **Ecoscience**, Quebec, v. 15, n. 1, p. 53-64, mar. 2008.

COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**. Series B: Biological Sciences, v. 345, n. 1311, p. 101-118, 1994.

CORDEIRO, I.; et al. **Plano de Manejo da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Morro Grande**. CEMASI – Centro de Monitoramento Ambiental da Serra do Itapety, 2008. p.66.

COUTINHO, L.M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 1, p. 17-23, 1978.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta bot. bras.** São Paulo, n. 20, v. 1, p. 13-23, 2006.

DA SILVA, A. H.; PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Desenvolvimento inicial de espécies exóticas e nativas e necessidade de calagem em área degradada do Cerrado no triângulo mineiro (Minas Gerais, Brasil). **Agron. colomb.**, Bogotá, v. 29, n. 2, June 2011.

DIAS, R. M.; VARGAS, P. F. Levantamento dos principais aspectos relacionados à recuperação de áreas degradadas no bioma Cerrado. **MG.Biota**, Belo Horizonte, v. 3, n. 3, p. 28-47. ago./set. 2010.

DURIGAN, G.; MELO, A. C. G.; CONTIERI, W. A.; NAKATA, H. Regeneração natural da vegetação de cerrado sob florestas plantadas com espécies nativas e exóticas. **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão**. Organizadores: Osmar Vilas Bôas, p. 349-362, 2004.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

ESPÍNDOLA, M. B. D.; BECHARA, F. C.; BAZZO, M. S; REIS, A. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. **Biotemas**, v. 18, n. 1, p. 27-38, 2011.

FERREIRA, P. M.; SETUBAL, R. B.. Florística e fitossociologia de um campo natural no município de Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 2, 2009.

FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; BROCHADO, A. L.; GUALA II, G. F. Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 39-43, out./dez. 1994.

FRIZON, S.; CENCI, B. T.; DORNELES, L. T.; SIMIONI, E. L.; TRAVI, V. H. Composição da flora arbórea e arborescente no Jardim Botânico de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 137-149, 2013.

FURLAN, S. A.; MALDONADO W.; NUNES, M. Corredores ecológicos da mata atlântica: visão integradora do planejamento territorial no contínuo de Paranapiacaba – estado de São Paulo – Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, Costa Rica, v.2, n. 43, p. 49-78, jan./jul. 2009.

GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C. Aplicação do Método Científico em Estudos Fitossociológicos no Brasil: em Busca de um Paradigma. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. Editores. **Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Caso**. Viçosa, MG. Editora UFV, 2011. p. 23-43.

GUIMARÃES, J. C. C.; VAN DEN BERG, E.; CASTRO, G. C.; MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Dinâmica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria aluvial no planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 621-632, out./dez. 2008.

HAMMER, Ou.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST-Palaeontological Statistics. Version 1.27. Computer program available online at <http://folk.uio.no/ohammer/past>, 2004.

HELTSHE, J. F.; FORRESTER, N. E. Estimating species richness using the jackknife procedure. **Biometrics**, p. 1-11, 1983.

ICMBio/MMA- Instituto Chico Mendes de conservação da biodiversidade- **Apostila para formação de brigadista de prevenção e combate a incêndios florestais**. Brasília, 2010,87p.

JACOBI, C. M.; CARMO, F. F.; VINCENT, R. C. Estudo fitossociológico de uma comunidade vegetal sobre canga como subsídio para a reabilitação de áreas mineradas no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p.345-353, mar./abr. 2008.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. Chichester: John Wiley, 1995. 363 p.

KNIGHT, D. H. A. Phytosociological analysis of species rich tropical forest in Barro Colorado Island, Panama. **Ecology Monograph**, v.45, p.259-284, 1975.

LE STRADIC, S; BUISSON, E.; NEGREIROS, D.; AMPAGNE, P; G.W. FERNANDES. The role of nativewoody species in the restoration of Campos Rupestres in quarries. **Applied Vegetation Science**, v. 17, n. 1, p. 109-120, jan. 2014.

LEITÃO FILHO, H. F. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil. **IPEF**, Piracicaba, n.35, p.41-46, abr.1987.

LEITE, F. A. S.; NEVES, M. P. **Reflexões Sobre Fechamento de Mina**. e-scientia, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-14, nov. 2008.

Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 26 outubro. 2013.

MACHADO, N. A. M.; LEITE, M. G. P.; KOZOVITS, A. R. Redução granulométrica da laterita e uso de espécies nativas como alternativa para restauração de áreas degradadas pela mineração de bauxita em Minas Gerais. **MG.Biota**, Belo Horizonte, n. 2, v. 5, jun./jul. 2012.

MARTINS, C. R.; LEITE, L. L.; HARIDASAN, M. Capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 739-747, 2004.

MESSIAS, M. C. T. B.; TONACO, A. C.; NETO, J. A. A. M.; LEITE, M. G. P. Levantamento florístico de um campo rupestre ferruginoso na Serra de Santo Antônio Pereira, Ouro Preto, Minas Gerais. **MG.Biota**, Belo Horizonte, v. 5, n. 3, p. 4-18. ago./set. 2012.

MINAS GERAIS - Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM. 1997. **Aprova a lista das espécies ameaçadas de extinção da flora do Estado de Minas Gerais**. Deliberação Conselho Estadual de Política Ambiental nº 085/1997. Disponível em: <www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5483>. Acesso em: 20 Ago. 2013.

- MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R.; HOFFMAN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOREUX, J.; FONSECA, G. A. B. **Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. Chicago: University Chicago Press / Conservation International, 2005. 432p.
- MOCOCHINSKI, A. Y.; SCHEER, M. B.. Campos de altitude na serra do mar paranaense: aspectos florísticos. **Floresta**, v. 38, n. 4, 2008.
- MOURÃO, A.; STEHMANN, J. R. Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, n. 4, p. 775-786, 2007.
- MÜELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974. 547p.
- MUNHOZ, C. B. R.; ARAÚJO, G. M. Métodos de Amostragem do Estrato Herbáceo-subarbustivo. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. **Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Caso**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. p. 213-230.
- MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbustivo em campo limpo úmido no Brasil Central. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 4, p. 905-913, 2008.
- MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M.. Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma área de campo sujo no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 3, p. 671-685, 2006.
- MYERS, N; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, feb. 2000.
- PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba, 1997. 316 p.
- PEREIRA, S. C. **Contribuição ao conhecimento das gramíneas de Poços de Caldas**, MG. 1986. 516p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 1986.

PIFANO, D. S.; VALENTE, A. S. M.; DE SOUZA, A. H.; DE MELO, P. H. A.; DE CASTRO, R. M.; VAN DEN BERG, E. Caracterização florística e fitofisionômica da Serra do Condado, Minas Gerais, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 1, p. 55-71, 2010.

PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. D.; DAVIDE, A. C. Estudo da vegetação como subsídios para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 775-793, 2005.

PORTO, M. L. **Comunidades vegetais e fitossociologia: Fundamentos para avaliação e manejo**. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 240p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE POÇOS DE CALDAS - PMPC. **Plano Diretor Municipal**. Poços de Caldas, MG: Prefeitura Municipal de Poços de Caldas, 1992. Disponível em: <<http://www.pocosdecaldas.mg.gov.br>>. Acesso em: 01 fev. 2012.

RANKIAER, C. Life form of **Plants and Statistical Plant Geography**. Clarendon press, Oxford. 1934.

REZENDE, M. G.; ELIAS, R. C. L.; SALIMENA, F. R. G.; NETO, L. M. Flora vascular da Serra da Pedra Branca. Caldas, Minas Gerais e relações florísticas com áreas de altitude da região sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 1-24, out. 2013.

ROSSI, D. R.; FIGUEIRA, J. E. C.; MARTINS, C. R. Capim gordura, invasão biológica, conservação do cerrado e regime de fogo. **MG.Biota**, Belo Horizonte, v. 3, n. 3, p. 4-27. ago./set. 2010.

SAFFORD, H. D. Brazilian Páramos I: An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **Journal of Biogeography**, California, v. 26, n. 4, p. 693-712, jul. 1999.

SANTOS JUNIOR, N. A. D.; CARDOSO, V. J. M.; BARBOSA, J. M.; RODRIGUES, M. A. Colonização natural por espécies nativas e exóticas das encostas degradadas da Serra do Mar. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, 2010.

SCALON, V. R.; MARTINS, C.; CÂNDIDO, E. S. Florística dos remanescentes de campo rupestre sobre canga no Campus Morro do Cruzeiro/UFOP, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. **MG.Biota**, Belo Horizonte, v. 5, n. 3, p. 19-47. ago./set. 2012.

SCARANO, F. R. Structure, Function and Floristic Relationships of Plant Communities in Stressful Habitats Marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. **Annals of Botany**, England, v. 90, n. 4, p. 517-524, sep. 2002.

SCHILLING, A. C.; BATISTA, J. L. F. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. **Revista Brasileira Botânica**, v.31, n.1, p.179-187, jan.-mar. 2008.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION - SER. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. Tucson: Society for Ecological Restoration International, 2004. Available at: <<http://www.ser.org>>. Accessed on: Dec 9, 2012.

VALCARCEL, A.; SILVA, Z. S. A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Floresta**, Curitiba, v. 27, n. 1 2, 2004.

VASCONCELOS, M. F. O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil? **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 241-246, 2011.

VELOSO, H. P. **Sistema fitogeográfico. Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1992.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 88 p.

WILLIAMSON, M.; GASTON, K. J.; W.M. LONSDALE. The species-area relationship does not have any asymptote! **Journal of Biogeography**, v. 28, n. 7, p. 827-830. 2001

YAVARI, A.; SHAHGOLZARI, S. M. Floristic study of Khan-Gormaz protected area in hamadan province, Iran. **International Journal of Agriculture and Biology**, Pakistan, v. 12, p. 271-275, 2010.

ZENNI, R. D. Manejo de plantas exóticas invasoras em planos de restauração de ambientes Naturais. **Cad. Mata Ciliar**, São Paulo, n. 3, 2010.

ZILLER, S. R. Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras. **Ambiente Brasil**, sd Disponível em:< <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3>, 2001.