

# Caracterização do substrato de áreas degradadas pela extração de cascalho

## Substrate characterization of degraded areas by cascalho extraction

Mayara Ribeiro LAGE [1](#); Danielle PIUZANA [2](#); Israel Marinho PEREIRA [3](#); Múcio Magno FARNEZI [4](#); Anne Priscila Dias GONZAGA [5](#)

Recebido: 14/05/2017 • Aprovado: 11/06/2017

### Conteúdo

- [1. Introdução](#)
- [2. Metodologia](#)
- [3. Resultados](#)
- [4. Conclusões](#)

[Referências bibliográficas](#)

#### RESUMO:

Objetivou-se neste trabalho caracterizar física e quimicamente o substrato de quatro sítios degradados em processo de regeneração natural. Tais variáveis foram comparadas com parâmetros de solo referência de Campo Rupestre e correlacionadas pela análise de componentes principais. Foi evidenciada alta limitação ao desenvolvimento de plantas colonizadoras, apresentando como principais restrições, substratos de textura arenosa com baixa fertilidade natural, além de elevados valores para resistência a penetração.

**Palavras-chave:** Cascalheira; Substrato de mineração; Sucessão ecológica.

#### ABSTRACT:

The objective of this work was to perform the physical and chemical characterization of the substrate of four degraded sites in natural regeneration process. These variables were compared with reference soil parameters of Campo Rupestre and correlated by principal component analysis. It was evidenced a high limitation to the development of colonizing plants, presenting as main restrictions, substrates of sandy texture with low natural fertility, besides high values for resistance to penetration.

**Key words:** Gravel; Mining Substrate; Ecological succession.

## 1. Introdução

A carência de infraestrutura de transportes no Brasil mostra a enorme necessidade de um sistema viário amplo, técnico e ambientalmente bem planejado, para compatibilizar o esforço desenvolvimentista brasileiro com um sistema logístico de transporte à altura do país com dimensões continentais e que necessita ser competitivo (Morales, 2005).

Municípios em situações emergenciais recorrem a extração de materiais para construção e manutenção de estradas operando, muitas vezes, em situação irregular no que concerne ao

Código de Mineração e às leis ambientais. Este tipo de mineração descaracteriza o terreno além de expor o substrato. No caso específico deste trabalho, em área de Campo Rupestre, os substratos caracterizam-se por uma matriz de material mineral de estrutura física pobre, pouca ou nenhuma matéria orgânica e reduzidos teores de macro e micronutrientes (Longo et al., 2011). Este tipo de material difere-se muito do solo primário que possui camadas em seu perfil e características que proporcionam o crescimento e desenvolvimento da vegetação e outros organismos (Goedert; Corrêa, 2005).

É nesta realidade que se insere o presente estudo, que objetiva comparar as características físico-químicas de substratos de áreas degradadas pelas obras de implantação da rodovia BR-367, entre a área urbana de Diamantina e o Distrito de Guinda, em área de Campo Rupestre, com um acervo de dados de solos preservados no entorno. Tal estudo possui por como intuito, ainda, fornecer informações para futuros planejamentos de restauração ambiental assim como práticas de um plano de recuperação da riqueza tanto das áreas estudadas como de outras situações semelhantes na Serra do Espinhaço Meridional.

---

## **2. Metodologia**

### **2.1. Localização e caracterização da área de estudo**

As áreas de estudo estão compreendidas nas proximidades da BR-367, no percurso entre a área urbana de Diamantina e Guinda, um de seus distritos, localizado no denominado Planalto de Diamantina (Abreu, 1982) ou Planalto Meridional do Espinhaço (Saadi, 1995), com altimetria entre 1.100 a 1.400 metros. O clima na região de estudo é do tipo Cwb, segundo a classificação de Köppen, com altitude em torno de 1.390m, temperatura média anual na faixa de 18° a 19°C e precipitação média anual que varia de 1.250 a 1.550 mm. A umidade relativa do ar é quase sempre elevada, com médias anuais de 75,6% (Galvão; Nimer, 1965).

O solo predominante no Planalto de Diamantina é o Neossolo Litólico que se desenvolve associado às rochas quartzíticas. A forte declividade, o relevo montanhoso e o clima frio de altitude auxiliam na formação deste solo (Silva *et al.* 2005). Quanto a geologia, os sítios selecionados estão distribuídos em três formações basais do Supergrupo Espinhaço. A cobertura vegetal típica deste pedoambiente são Campos Limpos e Rupestres que predominam na área, com ocorrências restritas de Floresta Estacional Semidecidual (Silva *et al.* 2005; Campos *et al.* 2010).

Foram selecionados quatro sítios que passaram por um processo de degradação entre as décadas de 1960 e 1970 com a finalidade de extrair cascalho. Este material granular retirado, foi destinado a pavimentação de uma porção da BR 367, que uni a área urbana de Diamantina com o Distrito de Guinda. Os quatro sítios de estudo encontram-se dentro de faixa de domínio, ou seja, cerca de 15 metros do limite de estradas de rodagem que constituem a base física sobre a qual assentam rodovias (Art. 50 do Código de Trânsito Brasileiro), logo, sem uso do terreno desde o momento da degradação.



qual setas amarelas demarcam o estrato único definido pela homogeneidade. D) Fotografia de parte do Sítio 2 (visada para Leste). E) Imagem do sítio 3 (Digital Globe, 2014); f) Foto de campo (visada para Nordeste) de um dos cortes; G) Imagem aérea (Digital Globe, 2014) do sítio 4. b) Foto de campo, retratando os dois estratos do sítio 4.

## 2.2. Métodos

Para estudo das características físicas e químicas apresentadas pelo substrato dos quatro sítios degradados, fez-se necessária a estratificação destes sítios. Realizou-se então estratificação em ambientes uniformes, devido a heterogeneidade apresentada in situ, considerando: (i) distribuição de afloramentos rochosos, (ii) profundidade/volume de solo e (iii) presença ou ausência de regeneração natural.

A estratificação dos sítios realizada em campo definiu estratos marginais e centrais para os sítios 1, 3 e 4 (Tabela 1; Figura 2). O sítio 2 não foi estratificado, caracterizado pela presença de uma crosta laterítica homogênea por toda a área.

Para a análise física foram coletadas amostras deformadas e indeformadas do substrato. A coleta foi realizada de forma preferencial, de acordo com a peculiaridade de cada área, considerando a extensão e volume disponível de substrato para coleta. Desta forma, resultou 7 amostras compostas de 5 sub amostras, representativas dos estratos definidos, com cerca de 300 cm<sup>3</sup> de substrato.

Análises químicas e físicas do substrato foram realizadas de acordo com o protocolo da Embrapa (2000). As primeiras foram conduzidas ao Laboratório de Física do Solo da DAG-UFVJM e as químicas ao Laboratório de Caracterização de Substratos Florestais do DEF-UFVJM.

Tabela 1: Localização de cada estrato dentro de seu respectivo sítio.

SÍTIO	ESTRATIFICAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
1	E1	Central
1	E2	Marginal
2	E3	Único
3	E4	Marginal
3	E5	Central
4	E6	Marginal
4	E7	Central

Obteve-se as proporções de areia, silte e argila, determinados pelo método da pipeta. A resistência à penetração foi determinada em cada ponto de coleta de solo, utilizando-se o penetrômetro, marca SOILCONTROL, modelo Penetrographer PAT SC-60. Foram avaliados ainda: Densidade de partículas pelo método do balão volumétrico; Densidade aparente, porosidade total, micro e macro porosidade, obtidos nas amostras indeformadas do substrato alcançados pelo método do anel volumétrico a partir das coletas de amostras de solo com estrutura indeformada por meio de um anel de aço (Kopecky) de volume interno de 50 cm<sup>3</sup>.

Nos pontos de coleta nos quais não foi possível coletar amostras indeformadas com o anel devido a compactação local, foram coletados torrões usados no método de torrão parafinado

para obter a densidade do solo nestes pontos.

Foram analisados os parâmetros químicos: pH em água; teores de P, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>; complexo sortivo (acidez potencial (H+Al), saturação por bases (V%), soma de bases (SB), CTC a pH 7 (T), CTC efetiva (t) e saturação por alumínio (m%) e matéria orgânica (MO).

A partir dos resultados das análises químicas e físicas, os dados obtidos para os quatro sítios degradados, foram aferidos e submetidos a comparação com os dados estimados por Amaral *et al.* (2014) em áreas referências de Campo Rupestre, próximas às áreas deste estudo.

Complementando as comparações feitas, realizou-se uma análise de componentes principais (PCA) pelo uso do software PCORD versão 6, de modo que este método mostrasse sinteticamente as variáveis de maior relevância na correlação dos componentes analisados.

### 3. Resultados

Os substratos degradados aqui estudados (Tabela 3) apresentaram valores inferiores para atributos químicos quando comparados aos resultados obtidos em área referência de Campo Rupestre na Serra do Espinhaço Meridional em estudo realizado por Amaral *et al.* 2014.

O atributo pH manteve-se semelhante em todas os estratos com caráter ácido médio segundo Alvarez *et al.* (1999). Contrário ao esperado, se apresentaram menos ácidos e com menor porcentagem de Al do que solo de área referência.

Tabela 3: Atributos químicos do substrato superficial (0-20 cm) de sete estratos definidos neste estudo, em quatro áreas degradadas em Campo Rupestre.

Id.	Área	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	m	V	M.O
E1-C	1	5,43	0,6	9,75	0,22	0,06	0,04	1,64	0,3	0,34	1,94	11,78	15,58	0,14
E2-M		4,99	0,94	9,75	0,25	0,03	0,06	1,04	0,3	0,36	1,34	16,69	22,56	0,13
E3-U	2	5,2	0,35	-	0,21	0,04	0,02	2,18	0,25	0,27	2,43	7,54	10,17	0,12
E4-C	3	5,38	0,33	4,88	0,13	0,19	0,04	1,9	0,33	0,37	2,23	11,62	15,18	0,07
E5-M		4,94	0,62	9,75	0,19	0,08	0,07	2,25	0,29	0,36	2,54	19,37	11,77	0,48
E6-C	4	5,24	0,62	-	0,18	0,08	0,04	0,71	0,26	0,3	0,96	13,39	26,68	0,03
E7-M		5,09	1,5	-	0,18	0,11	0,06	0,78	0,29	0,35	1,08	15,45	27,84	0,04
	Ref	4,63	4,73	9,57	0,57	0,23	4,18	30,1	1,05	5,22	31,14	79,8	3,46	5,11

pH em água: Relação solo-água 1:2,5. P e K: Extrator Mehlich-1. Ca, Mg e Al: Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

t: Capacidade de troca de cátions efetiva. T: Capacidade de troca de cátions a pH 7,0.

m: Saturação de alumínio. V: Saturação por bases. MO: Matéria orgânica determinado pelo método colorimétrico.

Não tem desvio padrão para área 2, por ser representado por um estrato único.

Ref: Dados obtidos em área referencia em Campo Ruspestre, por Amaral *et al.* (2014).

Para a classificação agrônômica utilizada em interpretação dos níveis nutricionais dos solos do Estado de Minas Gerais, as amostras representativas de cada estrato variaram de classe: para saturação por base (SB): E7 e E8 (sítio 4) e E2 (sítio 1) são classificados como baixos e os estratos restantes em muito baixo. Para m% (saturação por Al<sup>3+</sup>), os estratos E2 (sítio1) E4, E5 (sítio 3), E6 e E7 (sítio 4) são classificados como baixos e os E1 (sítio 1), E3 (sítio 2), E5 (sítio 3), E6 e E7 (sítio 4) de níveis muito baixos. Para V% (saturação por bases) E1, E3, E4,

E5, são muito baixos e E6, E7 e E2 são baixos. E para o Cu, E5, E7, E8, E9, E10 e E11 são baixos e os outros, muito baixos.

Para a capacidade de troca catiônica (t) presente no substrato, os valores encontrados variam de 0,96 a 2,48 moc/dm<sup>3</sup>, considerados muito baixos e indicativos de solo arenoso com baixo teor de matéria orgânica e, quando argiloso, com predomínio de argilas de baixa atividade, o que corrobora com dados físicos dos substratos e valores de MO aqui obtidos.

O atributo MO obtido para todos os sítios e classificados por Alvarez *et al.* (1999) como muito baixo,  $\leq 0,70$  dag/kg (Tabela 3). Na área 4, valores nulos foram encontrados para os estratos marginais e centrais. Valores superiores foram encontrados na área 3, nos estratos marginais.

Os teores mais baixos de MO, K e SB foram registrados nos estratos do Sítio 4 (Tabela 3). Os altos teores de areia no substrato degradado refletem também na fertilidade.

Ainda que, de forma geral, os substratos degradados apresentaram-se arenosos, um percentual significativamente maior de areia foi encontrado no substrato do Sítio 4, o que já se esperava a partir de seu substrato rochoso, constituído por quartzitos puros da Formação Galho do Miguel (Tabela 4). A textura arenosa contribuiu para os mais baixos valores encontrados para Diâmetro Médio Geométrico (DMG), densidade do solo e porcentagem de macro poros.

**Tabela 4:** Atributos físicos do substrato superficial (0-20 cm) de onze estratos definidos neste estudo, em quatro áreas degradadas.

Id.	Sítio	%Areia	%Silte	%Argila	Ds	Dp	DMG	PT	Ma	Mic	Prof. Max	RP Max.
E1-C	1	77,45	11,55	11	1,61	2,43	0,91	36,79	13,22	23,57	6,5	3,73
E2-M		84,43	13,33	2,25	1,48	2,66	1,15	44,49	20,27	24,21	17,75	4,19
E3-U	2	48,85	20,59	30,55	1,64	2,42	1,46	31,51	6,95	12,26	9,27	3,52
E4-C	3	65,28	21,1	13,62	1,41	2,66	0,95	48,34	22,96	18,77	12,29	4,29
E5-M		65,33	20,29	11,86	1,34	2,56	1	52,14	15,7	27,8	22	3,85
E6-C	4	89,1	6,57	4,33	1,56	2,5	0,43	37,86	14,13	23,73	19,88	4,53
E7-M		88,69	8,42	2,89	1,58	2,51	0,46	37,19	16,25	20,94	18,07	4,52
	Ref.	30,6	25,1	44,3	---	---	---	---	---	---	---	1,87

Ref.: Área referência de Campo Rupestre. % Areia: porcentagem de areia; % Silte: porcentagem de silte; %Argila: Porcentagem de argila; Ds: Densidade aparente do solo (g/cm<sup>3</sup>); Dp: Densidade de partículas (g/cm<sup>3</sup>); DMG: Diâmetro médio geométrico (mm); PT (%): Porosidade total; Ma (%): Macro porosidade; Mic (6KPa): Micro porosidade; Prof. Max: Profundidade Máxima (cm); Resistencia máxima a penetração (MPa). E: estrato, M: Marginal, C: Central.

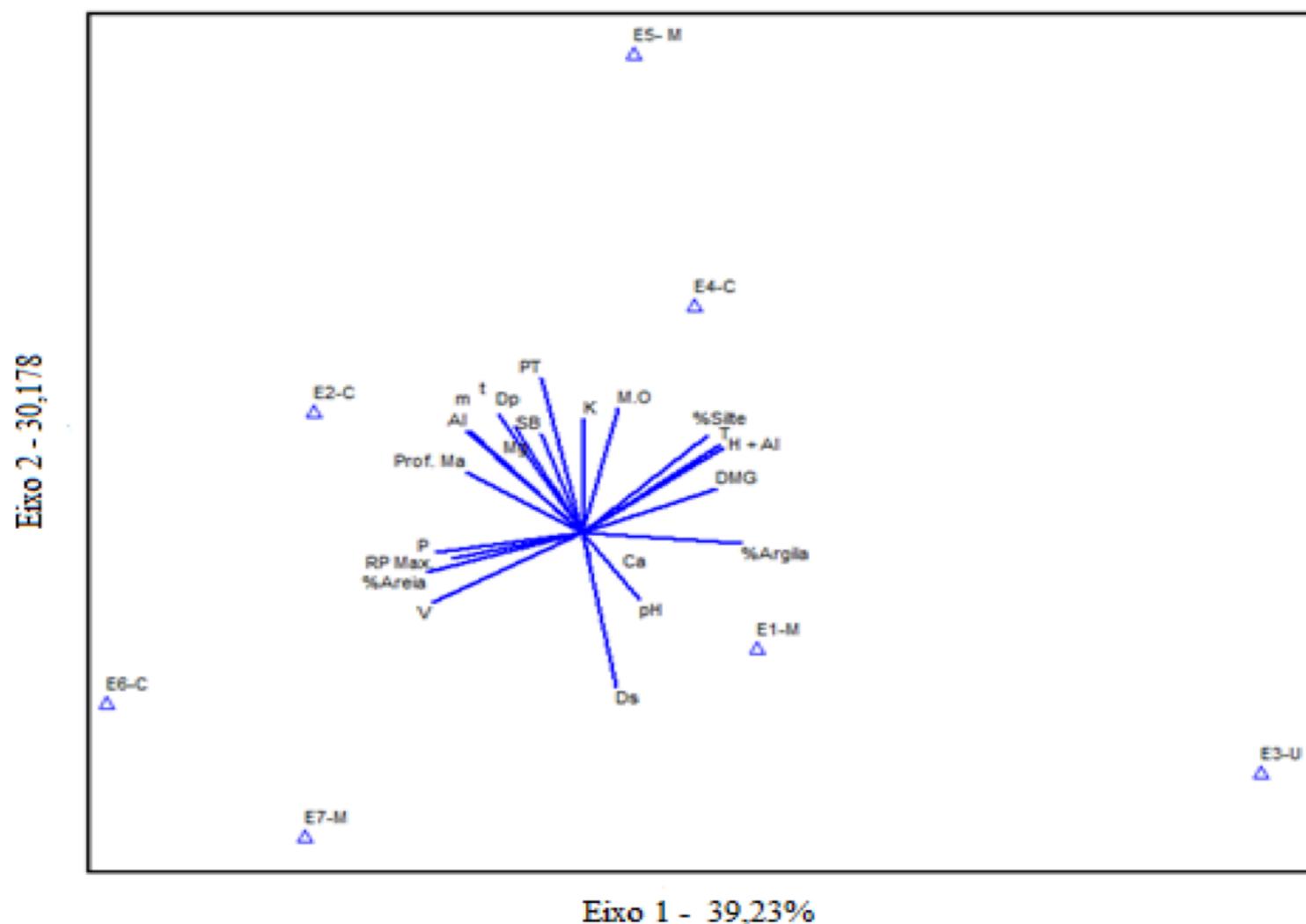
Diretamente relacionado ao processo de compactação da estrutura do solo, os valores obtidos para resistência mecânica a penetração (RP Max.) ultrapassam os valores considerados limitantes para o crescimento e desenvolvimento de plantas (acima de 2,5Mpa) segundo dados de Camargo; Alleoni (1997).

A análise de componentes principais (Figura 3) foi realizada a partir de uma matriz dos sete estratos por 22 parâmetros físicos e químicos inseridos para interpretação. Os valores dos componentes foram 39,23 e 30,17%, que explicam 69,7% da variância global dos dados.

A ordem das porções, por vetores de variáveis ambientais, nos dois primeiros componentes da PCA indicam que a areia, V e P apresentam alta correlação positiva entre si e estão negativamente correlacionados com os parâmetros argila e DMG. Estes últimos apresentam alta correlação positiva entre si. O primeiro eixo apresentou maior correlação positiva com argila e DMG e maior correlação negativa com os parâmetros Areia, P, V, RP max e prof. Max.

O segundo componente apresenta correlação positiva com parâmetros PT, MO, K, SB e DP. Estes dois eixos dividiram as porções em quatro grupos, com base na fertilidade e física do substrato degradado. Ressalta-se a relação significativamente inversa entre os parâmetros Pt (porosidade total) e a Ds (Densidade aparente do solo).

**Figura 3** - Análise de componentes principais (PCA) das variáveis ambientais coletadas de sete estratos em quatro áreas degradadas em processo de regeneração natural.  
E: Estratos; M: Marginal; C: Central; U: Único



As amostras representativas do sítio 1, mostraram correlação negativa para estratos marginais e centrais. Tais dados podem ser justificados pelos maiores teores de argila nos estratos marginais e maiores teores de areia nos estratos centrais. Não formaram assim na PCA um grupo definido, o que ressalta a heterogeneidade do Sítio 1.

O estrato único do Sítio 2 (E3-U) localiza-se isolado, fortemente correlacionado a maiores teores de argila e DMG. Na porção superior, concentram-se os estratos do Sítio 3 (E4-C, E5-M) com maiores proporções de MO, K, Silte, T e SB.

Formam um grupo à esquerda do gráfico os estratos do Sítio 4, substancialmente

correlacionados com porcentagem de areia e, por conseguinte maior densidade aparente do solo (Ds).

### 3.1 Discussões

Embora observadas diferenças em relação a alguns atributos químicos e físicos entre os sítios assim como entre estratos dentro de cada sítio, a partir da comparação realizada com atributos de área referência, constatou-se que no geral os substratos dos quatro sítios degradados apresentam baixa fertilidade natural. Os dados corroboram resultados obtidos por Negreiros *et al.* 2011, na Serra do Cipó, indicando também que solos de áreas degradadas em Campo Rupestre são propensos à erosão, com consequente lixiviação de seus constituintes químicos.

Os baixos valores para o P sugerem estar relacionados a fixação de fósforo por cargas positivas de Fe e Micelas de oxi-hidróxido de alumínio (Novais; Smyth, 1999), que comprometem o crescimento vegetal em solos tropicais, sendo este nutriente fundamental ao crescimento inicial das plantas (Skrebsky *et al.* 2008).

Uma provável técnica para evitar que o P seja um elemento limitante para a regeneração natural, é o uso de espécies com alto potencial para a formação de micorrizas: fatores que são importantes no manejo de recuperação para áreas (Siqueira *et al.* 1998). Outra sugestão, seria a adoção de práticas silviculturais que aumentam percentual de MO no solo, uma vez que o desaparecimento progressivo da matéria orgânica gera a imobilização do P, diminuindo sua disponibilidade para a comunidade vegetal (Montagnini; Jordan, 2002).

O atributo MO obtido para todas as áreas foi muito baixo. Valores superiores foram encontrados na área 3, nos estratos marginais. Nestes há presença de uma regeneração natural mais complexa e composição florística diversificada, o que pode acarretar na imobilização mais significativa do Ca e Mg, elementos considerados componentes estruturais dos vegetais (Moraes *et al.* 2008) além do fato de atuarem no ciclo biogeoquímico pela vegetação, diferentemente de outros materiais orgânicos em solos associados com afloramentos rochosos (Benites *et al.* 2007). Contudo, para o sítio 4 valores nulos foram encontrados para os estratos marginais e centrais. O baixo nível de matéria orgânica em substratos degradados acarreta fraca resiliência. Para Longo *et al.* (2005) tal deficiência é um fator fundamental a se considerar no manejo da recuperação de substratos degradados, como suporte para o estabelecimento e desenvolvimento da futura vegetação colonizadora.

Devido ao aumento dos teores médios de matéria orgânica na área de referência em relação a outras situações, pode se inferir que as áreas referências têm maior fecundidade e maior resiliência em comparação com as áreas degradadas em processo de regeneração (Longo *et al.* 2011). Assim, a perda de matéria orgânica é uma característica que deve ser exercida durante a restauração do substrato degradado (Longo *et al.*, 2005), uma vez que atua como um suporte para o estabelecimento e desenvolvimento de vegetação colonizadora.

Contrariamente ao esperado, os substratos degradados analisados neste estudo apresentaram-se significativamente menos ácidos e com valores inferiores para o alumínio, quando comparados a áreas referências de Campo Rupestre de Amaral *et al.* (2014). Em seu estudo, Barbosa *et al.* (2010) argumentaram que o uso do cascalho a partir de calcários (ricos em cálcio) seria o responsável pela calagem das bordas de estradas pavimentadas.

Os baixos valores de Al no substrato podem ser explicados pela distribuição heterogênea deste elemento no perfil do solo, com maior concentração nas camadas superiores dos solos avaliados, ausentes nos substratos destas caixas de empréstimo (Negreiros *et al.* 2011).

Obras rodoviárias, sobretudo asfaltamento em áreas de solos quartzarênicos contribuem para a diminuição dos níveis de Al, tornando estas áreas mais aptas ao estabelecimento de espécies exóticas invasoras, ameaçando a existência da flora nativa e seus associados (Barbosa *et al.*, 2010; Negreiros *et al.*, 2011).

Um percentual significativamente maior de areia foi encontrado nos solos do sítio 4, o que era

esperado a partir de seu substrato rochoso, constituído por quartzitos puros da Formação Galho do Miguel.

A textura arenosa e a topografia podem explicar a presença acentuada de material coluvial na camada superficial principalmente nas áreas 1 e 4, uma vez que este tipo de solo e a inclinação mais acentuada do relevo acentuam a propensão à erosão. Tal afirmação é sustentada pelos valores do diâmetro médio geométrico (DMG) obtidos em análise de estabilidade pelo método de peneiramento em água no qual quanto menor o valor de diâmetro médio maior a erodibilidade do solo.

A densidade do solo, quando ocorre a degradação de sua estrutura, o efeito imediato é no seu aumento, acarretando a redução da macroporosidade. Alves (1992), Anjos *et al.* (2007) e Veiga *et al.* (1994) observaram, em solos degradados, que há relação inversa entre densidade do solo e porosidade total. Pelo exposto, sugerem-se a densidade e infiltração de água como indicadores da qualidade do substrato em estudo.

Os valores registrados neste estudo para densidade aparente do solo, atingiram média de 1,51g/cm<sup>3</sup>, com valores mais altos nos estratos do Sítio 4 (Tabela 3). Estes valores foram superiores aos observados por Corrêa; Bento (2010) em caracterização química e física realizada em substrato exposto de áreas degradadas em uma caixa de empréstimo explorada em 1955, média para Ds encontrada de 1,32 g/cm<sup>-3</sup> e para solo sobre Cerrado 0,92 g/cm<sup>-3</sup>.

Aeração, infiltração, armazenamento de água, movimentação de nutrientes e o estabelecimento de plantas dependem da Porosidade total que um solo possui (Pignataro Netto *et al.*, 2009). Entretanto, essa classificação não é capaz de indicar a magnitude das limitações nutricionais que estes solos possam estar oferecendo para a vegetação de campo rupestre local, visto que uma mesma condição nutricional pode ser limitante ou não, dependendo da espécie em particular, da variedade desta ou mesmo do genótipo individual (Chapin *et al.* 1986; Negreiros *et al.* 2009).

A partir dos valores encontrados para resistência a penetração, para os substratos das áreas degradadas há necessidade de práticas de preparo do solo antes da semeadura ou plantio de mudas durante o processo de recuperação.

Visto que não foi observado nenhum tipo de regeneração substancial de vegetação nas áreas degradadas após aproximadamente 5 décadas de retirada do solo superficial, há indicações de que a alteração da estrutura física, combinada com a lixiviação e a descaracterização química destes solos tenham sido os principais fatores que impediram sua regeneração natural.

Tal fato sugere que cascalheiras inseridas em Campos Rupestres sejam ambientes extremamente frágeis e de baixa resiliência, demandando estratégias de restauração ecológica de áreas degradadas condizentes com suas peculiaridades bióticas e abióticas, em contraste com os métodos tradicionais de revegetação de áreas degradadas. Em tais ambientes devem ser empregadas técnicas que conservem as propriedades naturais dos campos rupestres, a fim de prevenir a invasão de espécies exóticas nessas áreas.

---

## 4. Conclusões

A partir caracterização dos atributos químicos e físicos dos substratos degradados, observou-se que os estes apresentam elevada limitação ao desenvolvimento de plantas colonizadoras, devido a carência de macronutrientes, matéria orgânica e capacidade de troca catiônica. Além do predomínio de solos com alta porcentagem de areia, classificando-os como solos arenosos, de alta densidade.

A partir da PCA, foi possível verificar que as variáveis ambientais se distribuem de forma homogênea dentro das áreas, baixa variância dentro de cada área. A partir comparação realizada entre atributos químicos e físicos dos substratos degradados e solos referência de Campo Rupestre pode-se afirmar que a construção da estrada modificou as condições físicas e químicas dos solos adjacentes.

---

# Referências bibliográficas

- Abreu A.A. de. *Análise Geomorfológica: Reflexão e Aplicação* – Uma contribuição ao conhecimento das formas de relevo do Planalto de Diamantina. USP. São Paulo, Tese de Doutorado, 429p. 1982.
- Alvarez V., V.H.; Novais, R.F.; Barros, N.F.; Cantarutti, R.B.; Lopes, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V., V.H. (eds). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa (MG): Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.25-32. 1999.
- Alves, M.C.; Suzuki, L.G.A.S.; Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 31: 617-625, 1992.
- Amaral, W. G; Pereira, I. M; Machado E. L. M., Dias, L. G; Oliveira, P. A; Farnezi, M. M. M; Amaral C. S; Physical and Chemical Characterization of the Substrate of Three Areas Degraded In Regeneration Process in Diamantina, Mg. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 8(13) August 2014, Pages: 282-289, 2014.
- Anjos, J.T.; Uberti, A.A.A.; Vizzoto, V.J.; Leite, G.B.; Krieger, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 15: 139-145, 2007.
- Barbosa, N.P.U.; Fernandes, G.W.; Carneiro, M.A.A.; Júnior, L.A.C. Distribution of non-native invasive species and soil properties in proximity to paved roads and unpaved roads in a quartzitic mountainous grassland of southeastern Brazil (rupestrian fields). *Biological Invasions*, 12 (11): 3745-3755, 2010.
- Benites, V.M.; Schaefer, C.E.G.R.; Simas, F.N.B.; Santos, H.G. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. *Revista Brasileira de Botânica*, 30:569-577, 2007.
- Camargo, O. A.; Alleone, L. R. F. *Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas*. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.
- Campos, J. R. R., Silva, A. C., Vasconcellos, L. L., Silva, D. V., Romão, R. V., Silva, E. B.; Graziotti, P. H. Pedochronology and development of peat bog in the environmental protection area Pau-de-Fruta - Diamantina, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 2010.
- Chapin, F.S.; Vitousek, P.M.; Van Cleve, K. The nature of nutrient limitation in plant communities. *American naturalist*, 127 (1): 48-58, 1986.
- Corrêa, R.S.; Bento, M.A.B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no Distrito Federal. *R. Bras. Ci. Solo*, 34: 1435-1443. 2010.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro: *Centro Nacional de Pesquisa de Solos*, 2000.
- Fogaça, A. C. C. Geologia da Folha Diamantina. In: Grossi-Sad, J. H.; Lobato, L. M.; Pedrosa-Soares, A. C.; Soares-Filho, B. S. (coordenadores e editores). *PROJETO ESPINHAÇO EM CD-ROM (textos, mapas e anexos)*. Belo Horizonte, COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. p. 1575-1665. 1997.
- Galvão, M.V; Nimer, E. Clima. In: *Geografia do Brasil – Grande Região Leste*. Rio de Janeiro: IBGE, p. 139. 1965.
- Goedert, W.J.; Correa, R.S. Usos, degradação e qualidade do solo. Mineração e áreas degradadas no Cerrado. Brasília: *Universa*, p.159-172. 2005.
- Longo, MR, AI Ribeiro e WJ Melo, Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração na Floresta Amazônica. *Bragantia*, 70: 139-146. 2011.
- Longo, R.M., A.I. Ribeiro and W.J. Melo, Caracterização física e química de áreas mineradas pela

extração de cassiterita. *Bragantia*, 64: 101-107.2005.

Montagnini, F; Jordan C. Reciclaje de nutrientes. In: Guariguata, M.R.; Kattan, G.H. Ecología y conservación de bosques neotropicales. 2 ed. R.C. *Suelo Nutr. Veg.*, 167-191. 2002.

Moraes, L.F.D., E.F.C. Campello, M.G. Pereira and A. Loss. Características do solo na restauração de áreas degradadas na reserva biológica de Poço das Antas, RJ. *Ci. Fl.*, 18:93-206. 2008.

Morales, P.R.D. Prefacio. In: Bellia, V. et al. Introdução à gestão ambiental de estradas. Rio de Janeiro: IME/FRF, 2005. 160p.

Negreiros, D.; Fernandes, G.W.; Silveira, F.A.O.; Chalub, C. Seedling growth and biomass allocation of endemic and threatened shrubs of rupestrian fields. *Acta ecologica*, 35(2):301-310, 2009.

Negreiros, D. et al. Caracterização físico-química de solos quartzíticos degradados e áreas adjacentes de campo rupestre na Serra do Cipó, MG, Brasil. *Neotropical Biology & Conservation* v. 6, n. 3, 2011.

Neves, S.C; Horn, A.H.; Fraga, L.M.S. Geoquímica ambiental da sub-bacia hidrografica do ribeirão das Pedras, Diamantina, MG. *Geonomos* 16(2): 63-68, 2008.

Novais, R.F., Smyth, T.J.. *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. 2a ed. Viçosa:UFV, 399. 1999.

Pignataro Netto, I.T.; Kato, E.; Goedert, W.J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 33:1441-1448, 2009

Saadi, A. A Geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas Margens. Belo Horizonte, *Geonomos* 3(1): 41-63, 1995.

Silva, A. C.; Pedreira, L. C. V. S. F.; Almeida-Abreu, P. A. (Org.). *Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes*. 1ª ed. Diamantina: UFVJM - Faculdade de Ciências Agrárias, 2005. 272p.

Siqueira, J.O., M.A.C. Carneiro, N. Curi, S.C.S. Rosado and A.C. Davide. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to sucessional groups in Southeastern Brazil. *For. Ecol. Manag.*, 107: 241-252. 1998.

Skrebsky, E.C., F.T. Nicoloso, J. Maldaner, R. Rauber, G.Y. Castro, G.O. Jucoski and D.R. Santos. Caracterização das exigências nutricionais de plantas de *Puffia glomerata* em Argissolo Vermelho distrófico arênico pela técnica do nutriente faltante. *Ci. Rural*, 38: 989-996. 2008.

Veiga, M.; Bassil, L.; Rosso, A. *Degradação do solo e da água: Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água*. 2a ed. Florianópolis: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1994. 384 p.

Viana, L. R.; Fernandes, G. W.; Silva, C. A. Ecological road threatens endemic Brazilian plant with extinction. *Plant Talk*, 41(15): 15. 2005.

---

1. Mestre em Ciência Florestal – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – MG, Brasil. E-mail: [mayaralage@hotmail.com](mailto:mayaralage@hotmail.com)

2. Dra. em Geologia. Prof. Associada da Faculdade Interdisciplinar em Humanidades, UFVJM. [dpiuzana@yahoo.com.br](mailto:dpiuzana@yahoo.com.br)

3. Dr. em Engenharia Florestal. Professor Associado do Departamento de Engenharia Florestal, UFVJM e-mail: [imarinhopereira@gmail.com](mailto:imarinhopereira@gmail.com)

4. Técnico do Laboratório de Caracterização de Substratos Florestais, Mestre em Produção Vegetal –UFVJM. e-mail: [muciomagno@yahoo.com.br](mailto:muciomagno@yahoo.com.br)

5. Dra. em Engenharia Florestal. Professora Adjunta da Faculdade Interdisciplinar em Humanidades, UFVJM. [diaspri@gmail.com](mailto:diaspri@gmail.com)

[Índice]

[No caso de você encontrar quaisquer erros neste site, por favor envie e-mail para [webmaster](#)]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados