

POTENCIAL NUTRICIONAL DO SOLO AFETADO PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO PARA AGRICULTURA

Bárbara Dias Araújo¹, Yumi Oki¹, Renata A. Maia¹, Daniel Negreiros², Igor Rodrigues de Assis³,
G. Wilson Fernandes¹

¹ Laboratório de Ecologia Evolutiva & Biodiversidade, Dept. de Genética, Ecologia e Evolução/ICB, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil (barbaradiasaraujo@outlook.com; yumiokibiologia@gmail.com; renataapmaia@gmail.com; gw.fernandes@gmail.com) - ²Centro Universitário Una, Belo Horizonte, MG, Brasil (negreiros.eco@gmail.com) - ³Dept. de Solos, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, Brasil (igor.assis@ufv.br)

RESUMO

O rompimento da barragem de Fundão, Mariana, MG, despejou uma grande quantidade de rejeito no Rio Doce, acarretando em modificações nas propriedades físico-químicas e biológicas do solo. O trabalho avaliou o efeito do solo contaminado com rejeito do distrito de Antônio Pereira (Ouro Preto, MG) no desenvolvimento e nutrientes do rabanete (*Raphanus sativus*). Os rabanetes apresentaram menor biomassa (aérea, radicular e total) e valor nutricional, os tubérculos apresentaram uma altíssima concentração de ferro (Fe, 25,4 mg/g) capaz de trazer severos danos para saúde humana. Conclui-se que o solo contaminado com rejeito Antônio Pereira não é ideal para cultivo e consumo de rabanete.

Palavras-chave: Desenvolvimento Vegetal; Nutrientes do Solo; Rabanete; Rejeito

ABSTRACT

The disruption of the Fundão dam, Mariana, MG, dumped a large amount of tailings into the Rio Doce, causing changes in the physical, chemical and biological properties of the soil. The work evaluate the effect of the soil contaminated with tailings from the Antônio Pereira district (Ouro Preto, MG) on development and the nutrients of the radish (*Raphanus sativus*). The radishes had less biomass (aerial, root and total) and nutritional value, the isolated tubers had a high concentration of iron (Fe, 25.4 mg/g) capable of bringing severe damages to human health. Conclude that the soil contaminated with tailings Antonio Pereira is not ideal for the cultivation and consumption of radish.

Key-words: Plant Development; Soil Nutrients, Radish; Tailings

INTRODUÇÃO

O rompimento da barragem de Fundão (Bento Rodrigues, Mariana, MG) levou o despejo de cerca 34 milhões de m³ de rejeitos (caracterizado pelo baixo teor de matéria orgânica e metais pesados) ao longo do Rio Doce trazendo profundos impactos sobre a estrutura físico-químicas e biológicas do solo (FREITAS et al., 2016). Esses impactos sobre o solo foram mais intensos no epicentro do acidente, sendo diluído com inúmeros afluentes ao longo do Rio Doce (ANA, 2016). Diante dessa nova condição edáfica, as pesquisas tem sido dirigidas para elucidar melhor como essas modificações na fertilidade do solo afetam a produtividade e segurança alimentar, bem como na busca de alternativas para oportunizar o uso da terra para diferentes cultivos, como a incorporação de matéria-orgânica. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do solo próximo ao epicentro contaminado com o rejeito do acidente no desenvolvimento e a qualidade nutricional do rabanete. Buscamos também avaliar se a incorporação de matéria orgânica favoreceria o desenvolvimento vegetal.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado com a espécie *Raphanus sativus* (rabanete), de variedade Crimsom Gigante (Feltrin®) que foi submetido a cinco tratamentos de substrato com diferentes concentrações de rejeito: rejeito puro (R), $\frac{3}{4}$ de rejeito + $\frac{1}{4}$ de adubo ($\frac{3}{4}$ R), $\frac{1}{2}$ de rejeito + $\frac{1}{2}$ de adubo ($\frac{1}{2}$ R), $\frac{1}{4}$ de rejeito + $\frac{3}{4}$ de adubo ($\frac{1}{4}$ R) e adubo puro (A). Os solos dos tratamentos foram analisados físico quimicamente segundo Cantarutti (2007) da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). O rejeito utilizado foi coletado em Antônio Pereira, município de Ouro Preto, às margens do rio Gualaxo do Norte (20°15'23.09"S e 43°25'7.06"O), nas áreas atingidas pelo acidente. As sementes de rabanetes foram semeadas em bandeja de germinação contendo vermiculita e mantidas em câmara do tipo B.O.D (Ethiktechnology 411D) com fotoperíodo de 12 / 12h à temperatura de 25 °C. Seis dias após a germinação, as plântulas foram transplantadas para trinta vasos de policloreto de polivinila (13 cm de altura e 75 mm de diâmetro) contendo 800g de substrato (seis indivíduos para cada tratamento n = 6). A cada semana os vasos foram rotacionados sobre a bancada dentro da casa de vegetação, para impedir qualquer influência do meio e foram avaliados o número de folhas. As regas ocorreram em dias alternados e cada planta recebeu 100ml de água. O desenvolvimento das plantas foi avaliado após 3 meses através dos seguintes parâmetros: número de folhas, área foliar total (utilizando o software Image J), massa seca aérea e radicular, relação raiz/parte aérea. Após o final do experimento, amostras dos tubérculos de cada vaso foram encaminhados para o laboratório de Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa para avaliar a qualidade nutricional dos mesmos. Para comparar os parâmetros de desenvolvimento dos rabanetes e os atributos físicos e químicos do solo, bem como a qualidade nutricional dos tubérculos entre diferentes tratamentos foi o utilizado o teste Kruskal Wallis e em seguida o método Dunn's para comparações par-a-par.

RESULTADOS

O solo com rejeito foi classificado como tipo 1 (arenoso) que contém mais partículas de areia fina ($p < 0,001$) e silte e possui maior densidade de partículas ($p < 0,001$). Os macronutrientes encontrados no solo adubado indispensáveis ao

desenvolvimento vegetal como N, P, K, Ca e Mg diminuíram conforme o aumento da concentração de rejeito dos substratos, dificultando o estabelecimento e desenvolvimento das plantas (Tabela 1). Os micronutrientes B, Zn e Cu mostraram a mesma tendência de decréscimo dos macronutrientes, conforme aumenta o teor de rejeito enquanto Fe e Mn apresentaram comportamento contrário e se elevaram à medida que aumentou a concentração de rejeito no substrato. Os teores de Na, Pb, Cd, MO, H+Al, SB, T, t foram menores no tratamento R.

Tabela 1. Valores médios ($\pm$ erro padrão) dos atributos químicos do solo entre os tratamentos de 100% adubo, 25% rejeito, 50% rejeito, 75% rejeito e 100% rejeito. Letras diferentes entre as colunas indicam diferenças estatísticas ($P < 0.05$).

Nutrientes do solo	100% Adubo	25% Rejeito	50% Rejeito	75% Rejeito	100% Rejeito	Valor de P
MO (dag/kg)	6,59 $\pm$ 0,148 ab	5,34 $\pm$ 0,398 ab	3,228 $\pm$ 0,151 abc	1,683 $\pm$ 0,051 bc	0,171 $\pm$ 0,042 c	P = <0,001
C (dag/kg)	3,783 $\pm$ 0,0945 a	3,097 $\pm$ 0,231a	1,872 $\pm$ 0,0877 b	0,979 $\pm$ 0,0362 b	0,104 $\pm$ 0,029 c	P = <0,001
N (dag/kg)	0,326 $\pm$ 0,00814 a	0,267 $\pm$ 0,0199 a	0,161 $\pm$ 0,0076 b	0,0844 $\pm$ 0,0031 b	0,009 $\pm$ 0,0025 c	P = 0,001
P(mg/dm ³)	10,85 $\pm$ 0,848 a	7,075 $\pm$ 0,111 ab	5,35 $\pm$ 0,237 ab	3,616 $\pm$ 0,087 b	3,333 $\pm$ 0,109 b	P = 0,001
K(mg/dm ³)	21,16 $\pm$ 7,405 a	17,5 $\pm$ 2,5 a	10,5 $\pm$ 1,5 ab	8,00 $\pm$ 1,633 ab	2,667 $\pm$ 0,422 b	P = 0,002
Na(mg/dm ³)	13,88 $\pm$ 2,336 a	12,71 $\pm$ 0,5 a	7,703 $\pm$ 0,960 ab	3,195 $\pm$ 0,449 ab	0 $\pm$ 0 b	P = 0,001
Ca ²⁺ (cmolc/dm ³)	7,85 $\pm$ 1,487 a	3,553 $\pm$ 0,169 ab	2,893 $\pm$ 0,119	2,56 $\pm$ 0,035	0,633 $\pm$ 0,016	P = 0,001
Mg ²⁺ (cmolc/dm ³)	0,73 $\pm$ 0,044 a	0,663 $\pm$ 0,023 ab	0,49 $\pm$ 0,020 abc	0,375 $\pm$ 0,012 bc	0,09 $\pm$ 0,003 c	P = 0,001
H + Al (cmolc/dm ³)	9,95 $\pm$ 0,450 a	8,425 $\pm$ 0,149 ab	5,8 $\pm$ 0,191 abc	2,6 $\pm$ 0,077 bc	0 $\pm$ 0 c	P = 0,001
SB (cmolc/dm ³)	8,69 $\pm$ 1,553 a	4,313 $\pm$ 0,192 ab	3,445 $\pm$ 0,135 abc	2,968 $\pm$ 0,045 bc	0,733 $\pm$ 0,016 c	P = 0,001
t (cmolc/dm ³)	8,87 $\pm$ 1,468 a	4,513 $\pm$ 0,192 b	3,445 $\pm$ 0,135 bc	2,968 $\pm$ 0,045 b	0,733 $\pm$ 0,016 c	P = 0,001
T (%)	18,64 $\pm$ 1,136 a	12,738 $\pm$ 0,121ab	9,245 $\pm$ 0,299 abc	5,568 $\pm$ 0,076 bc	0,733 $\pm$ 0,016 d	P = 0,001
Mn (mg/dm ³)	21,42 $\pm$ 2,606 a	69,825 $\pm$ 2,310bcd	71,65 $\pm$ 1,785 bcd	78,783 $\pm$ 1,891 c	67,116 $\pm$ 2,024 d	P = 0,001
Fe (mg/dm ³)	53,73 $\pm$ 6,314 ab	74,05 $\pm$ 6,643 bc	54,7 $\pm$ 2,997 bc	55,516 $\pm$ 2,210 bc	85 $\pm$ 10,404 cd	P = 0,009
Zn (mg/dm ³)	4,76 $\pm$ 0,282 a	4,428 $\pm$ 0,100 ab	3,095 $\pm$ 0,303 ac	2,236 $\pm$ 0,136 ac	1,391 $\pm$ 0,079 c	P = 0,001

O desenvolvimento vegetal do rabanete é prejudicado no solo com rejeito encontrado em Antônio Pereira (Figura 1). A contaminação com rejeito afeta severamente o investimento em parte aérea vegetal, assim todos os tratamentos com adição de rejeito tiveram redução no número de folhas (média de 3 folhas nos tratamentos com rejeito, média de 7 folhas no tratamento com adubo, $p = 0,003$) e área foliar total (área foliar média em R = 2,03 cm², área foliar média em A = 23,16 cm², $p = 0,001$). Não houve diferença entre o número de folhas e área foliar entre os tratamentos de rejeito ($p > 0,05$). A biomassa vegetal da parte aérea dos rabanetes, apresentou diferença somente no tratamento R (massa seca aérea média encontrada no R= 0,068 g, massa seca aérea média encontrada nos demais tratamentos = 0,31 g, $p = <0,001$). A massa seca radicular nos tratamentos R (0,066 g) e $\frac{3}{4}$ R (0,17 g) foram menores que $\frac{1}{2}$ R (0,38g), $\frac{1}{4}$ R (0,31g), A (1,23 g) ($p < 0,001$). A massa seca total dos rabanetes que cresceram no R (Massa seca média no R = 0,8 g) foi 10 vezes menor que a massa seca total dos rabanetes no A (Massa seca media no A= 10,9 g) ($p < 0,001$). O cálculo da razão parte aérea/raiz do rabanete também foi menor no R ($p = 0.048$) em relação aos demais tratamentos que não diferiram entre si ($p > 0,05$).



Figura 1. Desenvolvimento de rabanete em substratos contaminados por rejeito de mineração proveniente do rompimento da barragem Fundão, Mariana. Fonte: fotos de Bárbara Dias Araújo e editadas por Guilherme Fagundes.

Nos tubérculos, os teores de Fe, Mn, Cu e B foram mais acentuados no tratamento R, sendo cerca de 81,93, 71,6, 19, 1,97, vezes maior neste substrato quando comparado ao tratamento A (Tabela 2). A concentração de Fe e Mn aumentaram progressivamente com o aumento da concentração de rejeito no solo. Mesmo em concentrações baixas de rejeito ($\frac{1}{4}$ R), observou-se um teor alto desses metais.

Tabela 2. Valores médios ($\pm$ erro padrão) dos nutrientes (mg/100g) encontrados no rabanete nos tratamentos 100% adubo, 25% rejeito, 50% rejeito, 75% rejeito e 100% rejeito.

Nutrientes/ Tratamentos	100% Adubo	25% Rejeito	50% Rejeito	75% Rejeito	100% Rejeito	Valores de P
P (mg/100g)	145,1 $\pm$ 15,8 a	174,0 $\pm$ 27,5 a	130 $\pm$ 20,9a	112,8 $\pm$ 8,61 a	77,2 $\pm$ 0,32 a	0,066
K (mg/100g)	2026,7 $\pm$ 103,6 a	1657,1 $\pm$ 60,3 a	2234,9 $\pm$ 308,4 a	2214,9 $\pm$ 54,8 a	2123,5 $\pm$ 167,0 a	0,068
Ca(mg/100g)	712,1 $\pm$ 81,7 a	733,2 $\pm$ 55,7 a	648,6 $\pm$ 53,8 a	722,7 $\pm$ 58,2 a	998,7 $\pm$ 17,8 a	0,139
Mg (mg/100g)	203,9 $\pm$ 17,4 a	202,2 $\pm$ 31,9 a	203,6 $\pm$ 8,3 a	192,8 $\pm$ 16,0 a	157,9 $\pm$ 7,97 a	0,71
S (mg/100g)	606,5 $\pm$ 27,4 a	883,9 $\pm$ 75,8 b	814,9 $\pm$ 44,6 b	927,4 $\pm$ 80,3 c	965,7 $\pm$ 2,4 c	0,003
Cu (mg/100g)	0,31 $\pm$ 0,03 a	0,29 $\pm$ 0,03 a	0,34 $\pm$ 0,05 a	0,3 $\pm$ 0,016 a	1,9 $\pm$ 0,02 b	<0,001
Fe (mg/100g)	193,95 $\pm$ 48,8 a	243,5 $\pm$ 36,7 a	164,6 $\pm$ 21,4 a	365,7 $\pm$ 87,97 b	2540,1 $\pm$ 262,6 c	0,025
Mn (mg/100g)	1,54 $\pm$ 0,19 a	3,73 $\pm$ 0,82 b	4,6 $\pm$ 0,6 b	7,8 $\pm$ 1,3 c	107,4 $\pm$ 1,9 d	0,002
B (mg/100g)	3,68 $\pm$ 0,19 a	3,85 $\pm$ 0,1 a	3,4 $\pm$ 0,1 a	4,08 $\pm$ 0,14 a	7,18 $\pm$ 1,76 b	0,047

DISCUSSÃO

Os resultados indicam que o solo contaminado por rejeito de Antônio Pereira apresenta baixa fertilidade e presença de metais pesados como também observado por Schaefer et al. (2016). Essa nova condição interferiu no desenvolvimento vegetal, bem como na qualidade do alimento que demonstraram altos teores de ferro e manganês do que encontrado comumente na composição nutricional do rabanete (LIMA et al. 2011). Os resultados aqui levantados, mostram que a concentração de Fe está extremamente elevada (25,4 mg/g) no solo com rejeito encontrado em Antônio Pereira e acima do recomendado de consumo humano (10 mg) (SATHLER, 2018). A ingestão excessiva de alimentos com alto teor de ferro e manganês pode ser extremamente prejudicial à saúde, aumentando as chances de câncer (Fe) e causando distúrbios neurológicos (Mn) (SATHLER, 2018; HAUGEN et al., 2018).

CONCLUSÃO

O rabanete cultivado no solo com rejeito de Antônio Pereira não se desenvolve bem e é impróprio para o consumo. A diluição de rejeito de mineração com adubo (terra vegetal) pode aumentar a produtividade e rendimento das culturas agrônômicas e reduzir a concentração dos metais pesados. No entanto, mesmo a concentração de 25% de rejeito, o solo se mantém ainda com alta concentração de ferro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA-AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce: Rompimento da Barragem em Mariana/MG. Brasília DF. **Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos - SPR/Ministério de Meio Ambiente**, 2016.
- CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. **Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, 2007.
- FREITAS, C. M. D.; SILVA, M. A. D.; MENEZES, F. C. D. O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 3, p. 25-30, 2016.
- HAUGEN, M. et al. Assessment of dietary intake of manganese in relation to tolerable upper intake level- Opinion of the Panel on Nutrition, Dietetic Products, Novel Food and Allergy of the Norwegian Scientific Committee for Food and Environment. **VKM report**, 2018.
- LIMA, D. M et al. **Tabela brasileira de composição de alimentos-TACO**. Nepa-Unicamp. Campinas, São Paulo. 4. ed. rev. e ampl, 2011. [citado 2019 Abr 15]. p.34-35. Disponível em: https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf
- SATHLER, M.M. Evaluation of elementary composition of integral and refined food by means of k0 method of neutronic activation applied to big samples. 2018.
- SCHAEFER, C.E.G.R; DOS SANTOS, E.E; FERNANDES-FILHO, E.I; ASSIS I.R. A ciência do solo e o desastre de Mariana: Paisagens da lama: os tecnossolos para recuperação ambiental de áreas afetada pelo desastre da Barragem do Fundão, em Mariana. **Bol Inf Soc Bras Ciência do Solo[Internet]. Viçosa, Minas Gerais: Igor Rodrigues de Assis; ano 2016 Jan/Abr. [citado 2019 Mai 3]. v. 42, n. 1, p. 16-27.**Disponível em: <https://www.sbcs.org.br/wp-content/uploads/2016/06/vol42num1.pdf>