CARACTERIZAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL NO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Autores: Vinicius de Souza Monteiro, Luana Oliveira Caló, Natália Coelho Ferreira, Thalia dos Anjos, Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

Universidade Federal do Espírito Santo - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Avenida Governador Lindenberg, 316, Centro - 29.550-000 - Jerônimo Monteiro - ES, Brasil.
viniciusmonteiro.15@hotmail, luanacalo@gmail.com, nataliacoelhoferreira@yahoo.com.br, anjosthalia198@outlook.com, marcos.caldeira@ufes.br.

Resumo
A matéria orgânica é uns dos principais componentes do solo e influencia diretamente sua fertilidade. Este estudo teve como objetivo quantificar o teor de matéria orgânica do solo (MOS) sob diferentes sazonalidades e profundidades em áreas sob restauração florestal com variada riqueza de espécies, comparando-as com pastagem e um trecho florestal conservado de Floresta Ombrófila Densa na Reserva Natural Vale, ES. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com três repetições. Foi demonstrando redução progressiva com o aumento da profundidade em todos os tratamentos devido ao maior aporte superficial de material orgânico. A área sob restauração com maior riqueza de espécie destacou-se com maior acúmulo edáfico. O período chuvoso apresentou redução nos teores de MOS pela intensificação da atividade microbiana. Assim, conclui-se que a estratificação do solo, a maior riqueza florística e a sazonalidade influenciam a recuperação e a manutenção da matéria orgânica em solos tropicais.

Palavras-chave: Solo. Fertilidade. Ciclagem de nutrientes.

Área do Conhecimento: Engenharia Agronômica / Agronomia.

Introdução

Para que a restauração de um ecossistema terrestre seja eficaz, é fundamental que o solo apresente condições adequadas para favorecer o estabelecimento e o desenvolvimento da vegetação ao longo do processo de sucessão secundária (Moraes et al., 2008). As características do solo após esse processo de recuperação constituem importantes indicadores para avaliar a efetividade das ações de restauração de áreas degradadas. Dessa forma, compreender como essas propriedades se distribuem espacialmente torna-se fundamental para identificar as condições do ambiente e subsidiar estratégias mais eficientes de recuperação dos ecossistemas terrestres (Zhang et al., 2022).

Uma das principais propriedades do solo é a matéria orgânica, que é formada pela acumulação de restos vegetais e animais, que passam por processos de decomposição e síntese em diferentes graus de complexidade. Essa formação é influenciada por fatores como o clima, a vegetação local, o material que originou o solo, o relevo e o tempo decorrido (Moraes et al., 2008). A matéria orgânica do solo (MOS) influencia a fertilidade do solo ao estocar formas orgânicas de nutrientes e apresentar elevada capacidade de troca catiônica (CTC). Como também, desempenha papel fundamental na estabilização de agregados, no aumento da capacidade de retenção hídrica e no fornecimento de energia à biota decompositora (Guariguata; Ostertag, 2001). Sendo assim, a remoção da cobertura florestal pode acarretar perdas de matéria orgânica do solo (Srivastava; Singh, 1991).

De acordo com León-Peláez et al. (2021) a alternância entre estações secas e chuvosas regula os ciclos biogeoquímicos, em especial o do carbono, impulsionando, como no caso do período chuvoso, a atividade microbiana do solo e a decomposição da matéria orgânica. Em contrapartida, o período seco inibe tais processos biológicos e favorece o acúmulo de matéria orgânica no solo, visto que o aporte foliar via serapilheira supera a capacidade decompositora reduzida. Além disso, os estoques de MOS varia significativamente com a profundidade, com as camadas superficiais geralmente apresentando maiores concentrações devido à entrada proveniente da serapilheira e da biomassa radicular, enquanto as camadas mais profundas podem armazenar frações mais antigas e estáveis (Sun et al., 2024). Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo quantificar o teor de matéria

orgânica do solo em diferentes sazonalidades e profundidades entre diferentes áreas em processo de restauração na Reserva Natural Vale em Linhares, no estado do Espírito Santo.

Metodologia

O estudo foi realizado entre os municípios de Linhares e Jaguaré (19º06'-19º18'S e 39º45'- 40º19'W) na Reserva Natural Vale (RNV). A RNV está inserida em uma região considerada de extrema relevância para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica. A área integra o Corredor Central da Mata Atlântica (Brasil, 2000) e possui aproximadamente 22.000ha, representando cerca de 25% dos remanescentes desse bioma no estado do Espírito Santo.

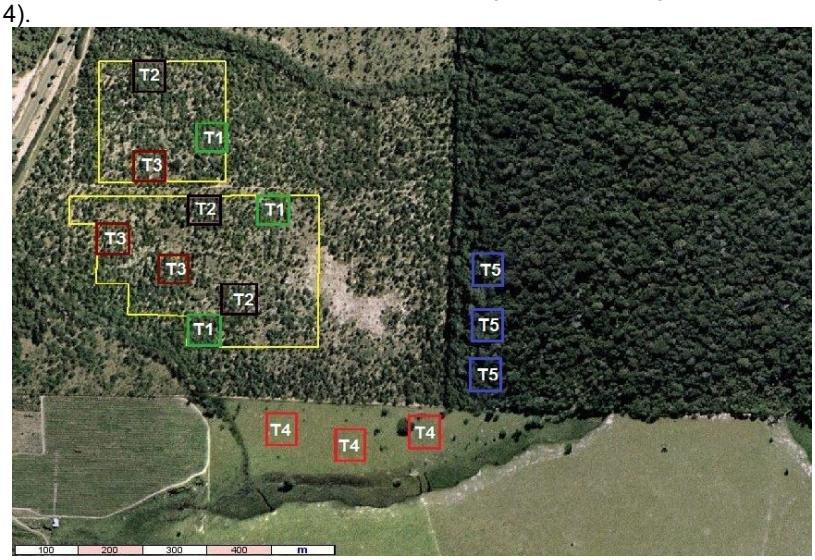
A região apresenta clima quente e período de estiagem que pode se estender por até seis meses, principalmente durante o outono e o inverno. Na RNV, são observadas transições marcantes entre áreas de floresta primária e formações campestres conhecidas como "mussununga". O relevo predominante varia de plano a suavemente ondulado, com declividades inferiores a 20%, enquanto os solos são caracterizados, de modo geral, pela baixa fertilidade natural (Martins et al., 2010).

O maior trecho de vegetação, segundo o IBGE (2012), é Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, no qual se caracteriza por ser uma floresta sempre verde de caráter hidrófilo. Com árvores de mais de 30 m de altura, sem período fisiologicamente seco durante o ano e excepcionalmente com dois meses de umidade escassa. As temperaturas médias oscilam entre 22 e 24 ºC. De acordo com Taques e Dadalto (2007), a definição climática segundo a classificação de Köppen é Aw, com médias anuais da precipitação de 1277 mm e temperatura média do mês mais frio inferior a 18ºC.

Quanto às características edáficas, Sperandio (2011) classificou os solos da região quanto à textura como arenosos a médios. Esses solos são comuns em ambientes tropicais e, em razão do intenso intemperismo, apresentam características como elevada acidez e baixa saturação por bases, geralmente inferior a 50% (Embrapa, 2013).

Para a realização do estudo, foram estabelecidas cinco áreas experimentais, conforme apresentado na Figura 1. Três delas correspondem a diferentes áreas em processo de restauração florestal (T1, T2 e T3), uma corresponde a uma área de pastagem (T4) e a quinta representa um fragmento de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (T5), utilizado como referência das condições de uma área florestal conservada.

Figura 1 - Imagem de satélite indicando a localização das áreas de estudo na Reserva Natural Vale, e as delimitações das parcelas. Onde: T1, T2, T3 = áreas de recuperação, T4 = pastagem, T5 = Trecho Florestal. Fonte: Google Earth (2014).



Fonte: Caló (2014, p. 30).

Nesse trabalho adotou-se o delineamento inteiramente casualisado (DIC) com três repetições para cada tratamento. Nos tratamentos T1, T2 e T3 foram adotados a técnica de plantio direto de mudas, sendo implantadas 29, 54 e 114 espécies, respectivamente, em cada tratamento com espaçamento 2x2m, utilizando ao todo 38 famílias.

Nos tratamentos de pastagem (T4) e trecho florestal (T5), foram demarcadas ao acaso, na área total, 3 parcelas (repetição) de 50 x 50m cada. Com distância mínima de 20 metros da margem e entre elas, sendo evitado qualquer efeito de borda sobre os resultados (Figura 1). O trecho florestal escolhido para implantação das parcelas foi o mais próximo dos tratamentos 1, 2, 3 e 4 pela logística da localização.

Foram realizadas duas coletas de solos, uma no início de março de 2013, quando ocorre maior precipitação e outra no final de julho de 2013, quando ocorre menor precipitação (Incaper, 2013). As amostras de solo foram coletadas de forma aleatória em todos os tratamentos, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm com auxílio de uma sonda. Em cada repetição foram obtidas cinco amostras simples para compor uma composta, totalizando três amostras compostas por tratamento. As amostras foram secas ao ar livre, destorroadas em peneira de 2 mm, e posteriormente seguidas para análises químicas, tendo a determinação de M.O. pela oxidação com K_2Cr_2O7 e H_2SO_4, de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa (1997) no Laboratório de Recursos Hídricos, DCFM/CCA-UFES, Jerônimo Monteiro, ES.

Resultados

Os teores de matéria orgânica do solo variaram entre os tratamentos, profundidades e períodos de coleta, com valores entre 16,45 e 63,04 g kg^{-1} (Tabela 1). De modo geral, observou-se tendência de redução dos teores de matéria orgânica (M.O.) com o aumento da profundidade do solo, especialmente nos tratamentos T1, T2 e T5 (Gráfico 1).

Tabela 1 - Valores médios do teor de matéria orgânica, nas áreas de estudo da Reserva Natural Vale, ES. Em que: (T1, T2, T3) Áreas em processo de restauração; (T4) Pastagem, (T5) Trecho Florestal, nas três profundidades estudadas; MO = Matéria orgânica. As médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si entre as estações de cada tratamento. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, entre os tratamentos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Profundidade		**0-5**		**5-10**		**10-20**	
Período de coleta		**chuvoso**	**seco**	**chuvoso**	**seco**	**chuvoso**	**seco**
M.O. (g kg^{-1})	**T1**	27,78 Ac	23,84 Ac	22,99 Ac	24,66 Abc	16,45 Ab	21,27 Ab
	T2	25,29 Ac	25,89 Ac	22,99 Ac	21,50 Ac	17,60 Ab	18,96 Ab
	T3	25,78 Acb	30,19 Acb	23,48 Ac	28,30 Abc	16,68 Ab	23,13 Ab
	T4	33,18 Ab	36,37 Ab	29,60 Abc	30,22 Ab	26,02 Aa	22,70 Aab
	T5	43,75 Aa	63,04 Aa	40,43 Aa	50,68 Aa	30,38 Aa	33,41 Aa

Fonte: O autor.

Conforme a Tabela 1, na camada de 0-5 cm, os maiores teores de M.O. foram observados no tratamento T5, tanto no período chuvoso (43,75 g kg^{-1}) quanto no período seco (63,04 g kg^{-1}), diferindo dos menores valores registrados no T1 (27,78 e 23,84 g kg^{-1}, respectivamente). Os tratamentos T3 e T4 também apresentaram valores relativamente elevados, principalmente no período seco, com 30,19 e 36,37 g kg^{-1}, respectivamente.

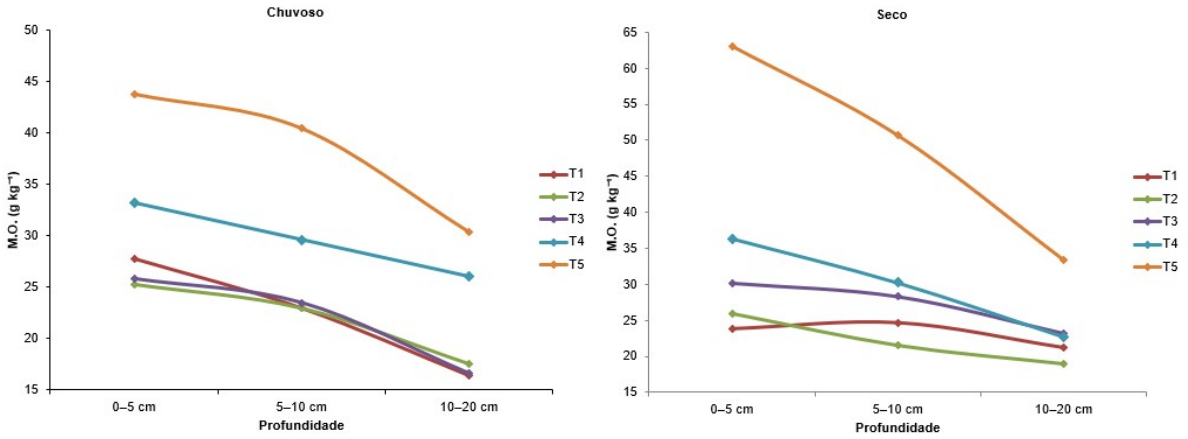
Na profundidade de 5-10 cm, o tratamento T5 novamente apresentou os maiores teores de M.O., alcançando 40,43 g kg^{-1} no período chuvoso e 50,68 g kg^{-1} no período seco. Em contrapartida, os menores valores foram observados em T1 e T2 no período chuvoso, com 22,99 g kg^{-1}, e em T2 no período seco, com 21,50 g kg^{-1}. O tratamento T4 apresentou valores intermediários, de 29,60 e 30,22 g kg^{-1} nos períodos chuvoso e seco, respectivamente.

Na camada mais profunda (10-20 cm), os teores de M.O. foram, em geral, menores que aqueles observados nas camadas superficiais. O tratamento T5 manteve os maiores valores, com 30,38 g kg^{-1} no período chuvoso e 33,41 g kg^{-1} no período seco. Os tratamentos T4 apresentou 26,02 g kg^{-1} no período chuvoso, enquanto T3 apresentou 23,13 g kg^{-1} no período seco. Os menores valores ocorreram em T1, com 16,45 g kg^{-1} no período chuvoso, e T2, com 18,96 g kg^{-1} no período seco.

Como demostra o Gráfico 1, de maneira geral, o tratamento T5 apresentou os maiores teores de matéria orgânica em todas as profundidades e nos dois períodos avaliados, em decorrência da diversidade de plantas, confirmando esse ambiente como referencial para avaliar o processo de

restauração das demais áreas. A área de pastagem (T4) apresentou valores de M.O., superiores aos encontrados nas áreas em processo de restauração. Já entre essas áreas observa-se que o T3, que apresenta maior riqueza arbórea em sua implantação, foi o que mais contribuiu para o teor de M.O. As maiores concentrações foram predominantemente superiores na camada de 0-5 cm, evidenciando maior acumulo de matéria orgânica na superfície do solo.

Gráfico 1 - Representação gráfica das variáveis. Em que: (T1, T2, T3) Áreas em processo de restauração; (T4) Pastagem, (T5) Trecho Florestal, nas três profundidades estudadas; MO = Matéria orgânica.



Fonte: O autor.

Discussão

Para todos os tratamentos, verifica-se que o maior teor de matéria orgânica se encontra na camada de 0-5 cm, podendo ser explicado decorrente acúmulo de serapilheira na superfície. Segundo Rodrigues et al. (2007), conforme o aumento de profundidade, a quantidade de fonte de M.O. cai, há menor atividade biológica e maior atividade de intemperismo, consequentemente, menor teor de matéria orgânica.

Os tratamentos T4 (pastagem) e T5 (trecho florestal) apresentaram teores elevados de matéria orgânica do solo, superiores a 30 g kg^{-1}, conforme a classificação proposta por Prezotti (2007). No trecho florestal, a heterogeneidade da composição arbórea favorece o aporte contínuo de serapilheira, consequentemente, há um aumento no teor de matéria orgânica, ciclagem e a disponibilidade de nutrientes no solo ao longo do ano (Fávero; Lovo; Mendonça, 2008). Confirmando esse ambiente como referencial para avaliar o processo de restauração das demais áreas.

Por outro lado, a pastagem de braquiária apresenta sistema radicular fasciculado, crescimento acelerado e elevada produção de biomassa, além da senescência e morte de hastes sob condições de baixa luminosidade. Essas características favorecem a renovação contínua de resíduos vegetais (Barreto et al., 2006), o que pode contribuir para a manutenção de elevados teores de MOS.

A redução dos teores de matéria orgânica com o aumento da profundidade pode estar relacionada à maior deposição e incorporação de resíduos vegetais nas camadas superficiais do solo. Embora parte desses resíduos apresente compostos mais resistentes à decomposição, como lignina e polifenóis, que podem favorecer sua permanência no solo (Corsi et al., 2001), o aporte de matéria orgânica tende a ser maior próximo à superfície, resultando em maiores teores de MOS nessa camada.

Com o início do período chuvoso, o aumento da umidade do solo, associado às temperaturas mais elevadas, favorece a atividade dos organismos decompositores e pode intensificar a decomposição e a mineralização da matéria orgânica do solo. Esse processo pode contribuir para a redução dos teores de MOS durante o período chuvoso, uma vez que parte do material orgânico é decomposta e os nutrientes são liberados para o solo, podendo ser posteriormente absorvidos pela vegetação (Moreira; Siqueira, 2006). Comportamento semelhante foi observado por Iwata et al. (2012) em sistemas agroflorestais e por Diniz et al. (2014).

Conclusão

Os teores de matéria orgânica diminuem progressivamente com o aumento da profundidade do solo (0–5 cm > 5–10 cm > 10–20 cm) em todos os tratamentos, destacando o papel essencial da camada superficial na recepção e acúmulo inicial de biomassa vegetal.

O trecho de Floresta Ombrófila Densa (T5) apresentou os maiores estoques de matéria orgânica em ambas as estações e profundidades, confirmando seu papel como ecossistema de referência para o monitoramento da qualidade do solo.

A área de pastagem (T4) manteve teores expressivos de matéria orgânica devido ao constante aporte e renovação do sistema radicular fasciculado característico das gramíneas.

Entre os modelos de restauração florestal, o tratamento com maior riqueza arbórea inicial (T3 com 114 espécies) proporcionou melhor recuperação nos teores de matéria orgânica, demonstrando que a diversidade florística acelera o restabelecimento funcional do solo em comparação a plantios com menor diversidade (T1 e T2)

A sazonalidade exerceu influência sobre a dinâmica da matéria orgânica, evidenciando menores teores no período chuvoso em função do favorecimento das condições de umidade para a atividade microbiana decompositora e mineralização de nutrientes.

Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Brasília, MMA/SBF, 2000. 40p. Disponível em: < http://www.conservation.org.br/publicacoes/files/Sumario.pdf>. Acesso em: 13 de agosto de 2026.

CALÓ, Luana Oliveira. **Atributos químicos e biológico do solo em áreas de restauração florestal**. 2014. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2014.

CORSI, M.; JÚNIOR, G. B. M.; PAGOTTO, D.S. **Sistema radicular: Dinâmica e resposta a regimes de desfolha**. In: MATTOS, W.R.S., ed. A produção animal na visão dos brasileiros. Piracicaba, FEALQ. p. 838- 852, 2001.

DINIZ, L. T.; RAMOS, M. L. G.; VIVALDI, L. J.; ALENCAR, C. M. de; JUNQUEIRA, N. T. V**. Alterações microbianas e químicas de um gleissolo sob macaubeiras nativas em função da variação sazonal e espacial**. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 750-762, May/June, 2014.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. ver, ampl. Brasília, DF, 2013.

FÁVERO, C.; LOVO, I. C.; MENDONÇA, E. de S. **Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no vale do rio doce, minas gerais**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 32, n. 5, p. 861-868, 2008.

GUARIGUATA, M.R.; OSTERTAG, R. **Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics**. Forest Ecology and Management, v.148, p.185-206, 2001.

IBGE. **Mapa de solos do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 agosto de 2026.

INCAPER. **Gráficos da série histórica: Linhares**. Vitória: Incaper, [s.d.]. Disponível em: incaper.es.gov.br. Acesso em: 13 ago. 2026.

IWATA, B. de F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. **Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense**. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, v. 16, n. 7, p. 730 –738, 2012.

LEÓN-PELÁEZ, Juan D.; CAICEDO-RUIZ, William; CASTELLANOS-BARLIZA, Jeiner. **Reactivation of nutrient cycling in an urban tropical dry forest after abandonment of agricultural activities**. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, v. 27, n. 3, p. 355-365, 2021.

MARTINS, C. M.; GALINDO, I. C de L.; SOUZA, E. R de; POROCA, H. A. **Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco**. Revista Brasileira de Ciências do Solo. v. 34, p. 1883-1890, 2010.

MORAES, Luiz Fernando Duarte de et al. **Características do solo na restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ**. Ciência Florestal, v. 18, n. 2, p. 193-206, 2008.

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

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. (Ed**.). Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória, ES:SEEA; Incaper; CEDAGRO, p. 43-47, 2007.

RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. **Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma cerrado**. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, v. 11, n. 1, p. 73–80, 2007.

SRIVASTAVA, S.C.; SINGH, J.S. **Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: effects of alternate land-uses and nutrient flux**. Soil Biology & Biochemistry, v.23, n.2, p. 117-124, 1991.

SPERANDIO, H. V.; CECÍLIO, R. A.; SILVA, V. H.; LEAL, G. F.; BRINATE, I. B.; CALDEIRA, M. V. W. **Emprego da Serapilheira Acumulada na Avaliação de Sistemas de Restauração Florestal em Alegre-ES**. Floresta e Ambiente, v.19, n. 4, p. 460-467, 2012

TAQUES, R. C.; DADALTO, G. G. **Zoneamento Agroclimático para a Cultura do Café Conilon no Estado do Espírito Santo**. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. de. (Ed). Café Conilon. Vitória, ES,. p. 53-63, 2007.

ZHANG, Ningning et al. **Changes in soil quality over time focusing on organic acid content in restoration areas following coal mining**. Catena, v. 218, p. 106567, 2022.