

Microbiologia de um solo construído em área de mineração de carvão após 11 anos de revegetação com *Poaceas*

Jeferson PRASS PIMENTEL⁽¹⁾; Eloy Antonio PAULETTO⁽¹⁾; Luciano GEISLER⁽¹⁾; Danilo Dufech CASTILHOS⁽¹⁾; Flávia Fontana FERNANDES⁽¹⁾; Luiz Fernando SPINELLI PINTO⁽¹⁾; Thais Murias JARDIM⁽¹⁾; Lizete STUMPF⁽²⁾; Lucas da Silva BARBOSA⁽¹⁾; Diovon Fonseca GOULART⁽¹⁾.

¹Universidade Federal de Pelotas - UFPEL, jefersonprass@gmail.com; ²Universidade Federal do Rio Grande - FURG

RESUMO

No estado do Rio Grande do Sul a maior jazida de carvão encontra-se no município de Candiota, o qual é minerado a céu aberto, com a remoção de grandes volumes de solo e rochas, gerando significativos impactos ao ambiente. A recomposição topográfica destas áreas é realizada através da deposição de estéréis na cava aberta pela mineração, seguido da reposição da camada superficial de solo, o que provoca profundas modificações na qualidade estrutural, que se reflete negativamente na revegetação destas áreas, processo fundamental para a recuperação dos atributos microbiológicos das áreas degradadas pela mineração. Este trabalho teve como objetivo, portanto, avaliar a influência de quatro espécies de *Poáceas* sobre os atributos microbiológicos de um solo construído após mineração de carvão, revegetado por 11 anos. O estudo foi realizado em uma área de mineração de carvão em Candiota-RS pertencente à Companhia Riograndense de Mineração (CRM). O solo foi construído no início de 2003 e o experimento, com o cultivo de diferentes espécies de *Poáceas*, instalado em novembro/dezembro de 2003. Os tratamentos avaliados foram T1 - *Hemarthria altissima*; T2 - *Cynodon dactylon*; T3 - *Paspalum notatum*; T4 - *Urochloa brizantha*; T5 - *Vegetação espontânea*. Como referências utilizaram-se o solo construído sem cobertura vegetal e solo natural denominados de T6 e T7, respectivamente. Foram coletadas amostras de solo com estrutura não preservada na camada de 0,00-0,10 m para as determinações do carbono orgânico total, do carbono microbiano, da respiração basal e do coeficiente metabólico do solo construído. De um modo geral, todas as plantas cultivadas proporcionaram um incremento nos teores de carbono orgânico do solo quando comparado a referência, solo construído sem vegetação (T6), porém não se aproximaram dos valores observados no solo natural (T7). O incremento no carbono orgânico no solo cultivado com as gramíneas, possibilitou também um aumento nos teores de carbono microbiano do solo, destacando-se o tratamento com a *Hemarthria altissima* e a *Urochloa brizantha*, que apresentaram os maiores valores, quando comparados ao solo construído sem vegetação (T6). Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos com relação às variáveis respiração basal e coeficiente metabólico. Entretanto, todos os tratamentos apresentaram valores de respiração basal maior quando relacionados à T6 e T7. Apesar dos valores de carbono orgânico total e carbono microbiano ainda serem inferiores ao observado no solo natural, os resultados demonstram que a revegetação do solo construído é benéfica na recuperação de sua qualidade microbiológica ao longo do tempo.

Palavras-chave: área degradada; *Hemarthria altissima*; respiração basal; carbono microbiano.

ABSTRACT

In the state of Rio Grande do Sul, the largest coal deposit is located in the municipality of Candiota, which is surface strip mined, with the removal of large volumes of soil and rocks, generating significant impacts to the environment. The topographic recomposition of these areas is carried out through the deposition of the overburden in the previous pit opened by the mining, followed by the replacement of the surface layer of soil, which causes deep modifications in the soil structural quality, which negatively affect the revegetation of these areas, a fundamental process for the recovery of the soil microbiological attributes of the areas degraded by mining. The objective of this work was to evaluate the influence of four species of *Poaceae* on the microbiological attributes of a constructed minesoil after 11 years of mining. The study was carried out in a coal mining area in Candiota-RS belonging to Companhia Riograndense de Mineração (CRM). The soil was constructed in early 2003 and the experiment, with the cultivation of different species of *Poaceae*, was installed in

November / December 2003. The treatments evaluated were T1 - *Hemarthria altissima*; T2 - *Cynodon dactylon*; T3 - *Paspalum notatum*; T4 - *Urochloa brizantha*; T5 - Spontaneous vegetation. As reference, the soil constructed without vegetation cover and natural soil, T6 and T7, respectively. Disturbed soil samples were collected in the 0.00-0.10 m layer for the determinations of total organic carbon, microbial carbon, basal respiration and soil metabolic coefficient. In general, all cultivated plants provided an increase in the soil organic carbon content when compared to the reference without vegetation (T6), but did not approach the values observed in the natural soil (T7). The increase in organic carbon in the soil cultivated with the grasses also allowed an increase in soil microbial carbon contents, especially the treatment with the *Hemarthria altissima* and *Urochloa brizantha*, which presented the highest values. No significant differences were observed between the treatments in relation to the variables basal respiration and metabolic coefficient. However, all treatments presented higher values of basal respiration when compared to T6 and T7. Although the values of total organic carbon and microbial carbon are still lower than those observed in the natural soil, the results demonstrate that the revegetation of the constructed soil is essential for the recovery of its microbiological quality over time.

Key-Words: degraded area; *Hemarthria altissima*; basal respiration; microbial carbon

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das maiores reservas de carvão mineral da América Latina, contudo, não se encontra entre os maiores produtores mundiais de carvão mineral, ocupando a 26ª posição, conforme CGEE (2013). No entanto o carvão mineral nacional vem reconquistando o seu espaço no mercado de energia devido à necessidade de suprir o déficit de energia elétrica geradas por recursos hídricos e, assim, garantir o fornecimento de energia nos estados do Sul do País.

Segundo a CPRM (2014), as principais reservas de carvão mineral nacionais encontram-se nos estados do Rio Grande do Sul, com 28,56 bilhões de toneladas de reservas de carvão, seguido de Santa Catarina, com aproximadamente 3,33 bilhões de toneladas. Somente a Jazida de Candiota (RS) possui 38% de todo o carvão nacional e como se trata de um carvão de qualidade inferior, é utilizado apenas na geração de energia termoeletrica e em local próximo à jazida.

De acordo com Stumpf (2015), as principais etapas envolvidas no processo de mineração a céu aberto e na construção do solo são: a) remoção dos horizontes A, B e/ou C do solo original, que são levados por caminhões para cobertura final de uma área topograficamente aplainada; b) remoção das rochas através da dragline; c) extração dos bancos de carvão; d) na cava aberta pela extração do carvão, depositam-se os estéréis, que conseqüentemente são aplainados por tratores de esteira durante a recomposição topográfica da área; e) finalizando a recomposição topográfica da área, deposita-se camada de solo (horizonte A e/ou B) denominada de terra vegetal retirada anteriormente à lavra do carvão, originando assim o “solo construído”. Estas operações são normalmente realizadas utilizando

máquinas de grande porte, afetando negativamente os atributos do solo.

Assim a atividade da extração do carvão ocasiona impactos diretos e indiretos sobre a área em exploração e seu entorno, implicando na destruição do solo original e na montagem de um novo solo, construído a partir da mistura dos horizontes do solo anterior. Estas alterações causadas pela mineração são então de ordem estética, química e biológica.

Para recuperar uma área impactada pela atividade minerária, é necessário estabelecer uma cobertura vegetal logo após a reconfiguração do terreno. Ela requer a construção de um ambiente edáfico que seja compatível com as espécies vegetais a serem utilizadas definido por Correa & Bento (2010). Nestas áreas com necessidade de estabelecer a recuperação, o estado de compactação é elevado, os níveis de matéria orgânica do solo (MOS) são geralmente baixos e isso representa uma perda das funções vitais do solo, comprometendo sua qualidade e capacidade de produzir alimentos e biomassa. A eliminação da vegetação que protege o solo também aumenta o impacto da força erosiva da chuva e, por consequência, aumenta a erosão. Para isto, devem ser escolhidas espécies que tenham capacidade para crescer rapidamente, proteger o solo, recompor os índices de matéria orgânica, e restabelecer o regime hídrico, criando assim condições propícias para o estabelecimento de outras espécies mais exigentes.

As maneiras de se adicionar matéria orgânica ao solo degradado são bastante distintas, podendo ocorrer diretamente pela adição de material orgânico exógeno e serapilheira, ou indiretamente pela revegetação da área. A utilização de gramíneas e de leguminosas fixadoras de nitrogênio (FBN), associadas ou solteiras, aliado à correção do solo,

são estratégias que aceleram a recuperação de áreas mineradas, segundo Carneiro et al. (2008). Portanto, a associação entre o desenvolvimento vegetal e a atividade microbiana pode ser um fator importante na recuperação dos solos degradados, pois mesmo quando profundamente alterados, eles podem manter uma comunidade microbiana ativa.

A atividade microbiana do solo é representada pela ação dos microrganismos, medida em termos metabólicos, através de indicadores como CO₂ liberado, O₂ absorvido, atividades enzimáticas e caloríficas, N, P, S mineralizados, de acordo com Cardozo & Andreote (2016). O termo respiração do solo é definido como a absorção de O₂ e/ou liberação de CO₂ pelas entidades vivas e metabolizantes do solo. Já a respiração microbiana é definida como a absorção de O₂ ou a liberação de O₂ pelas bactérias, fungos, algas e protozoários no solo, incluindo as trocas gasosas que resultam de ambos os metabolismos aeróbio e anaeróbio, conforme Anderson (1982). A vantagem de se medir CO₂, ao invés de O₂, está no fato do CO₂ refletir a atividade tanto de microrganismos aeróbios quanto anaeróbios.

A avaliação da qualidade microbiológica do solo assume grande importância na recuperação das áreas degradadas, onde a biomassa microbiana pode ser definida como a parte essencial do sistema solo onde os organismos que o habitam possuem funções de grande importância Cardozo & Andreote (2016), que atuam como agentes das transformações bioquímicas dos compostos orgânicos, conforme Longo et al. (2011). A quantificação da biomassa microbiana possibilita interpretar os processos de ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio e a formação de micorrizas, sendo utilizado como indicador biológico da qualidade do solo (SIQUEIRA et al., 2010).

A melhoria da qualidade estrutural do solo está definida como o funcionamento dentro de limites do ecossistema que sustente a produtividade biológica, que mantenha a qualidade ambiental e que promova a saúde animal e vegetal. O sucesso na recuperação destes solos portanto se fundamenta no restabelecimento da cobertura vegetal e na recuperação dos atributos físicos, químicos e biológicos buscando proporcionar um mínimo de condições favoráveis ao desenvolvimento da vegetação, a qual tem um papel essencial tanto na adição de carbono (produção da biomassa) quanto no controle da erosão, recuperando assim o seu

estado de agregação e consequentemente a sua estrutura. O manejo adequado do solo e de plantas de cobertura portanto é primordial na recuperação destas áreas. Neste contexto o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência de quatro espécies de *Poaceas* sobre os atributos microbiológicos de um solo construído após mineração de carvão, revegetado por 11 anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A mina de carvão de Candiota, da Companhia Riograndense de Mineração (CRM), localiza-se no município de Candiota-RS, a 140 km de Pelotas, no Estado do Rio Grande do Sul. A seleção da área experimental no interior da Mina foi feita em conjunto com técnicos da CRM, em uma área recém construída (início de 2003), com as operações de preparo da área iniciadas em setembro de 2003. As coordenadas geográficas do ponto central são: 31° 33' 56" S e 53° 43' 30"W.

O experimento foi instalado em novembro/dezembro de 2003, em parcelas de 20m² (5m x 4m) em delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. A camada de solo reposta na área experimental é procedente do solo natural (original) retirada da área pré-minerada, sendo o solo classificado como um Argissolo Vermelho Eutrófico típico, de classe textural argilosa, cor vermelho escura (2,5 YR 3,5/6) e com baixo teor de matéria orgânica (1,15%).

Antes da instalação do experimento, em face da área se encontrar extremamente compactada devido à grande circulação de máquinas durante a construção do solo, (caminhões carregados com aproximadamente 20 Mg de terra vegetal e tratores de esteira metálica do modelo D8T da Caterpillar® com peso de 38 Mg, potência de 259 KW, comprimento e largura da esteira sobre o solo de 3,20 e 0,56 m, respectivamente, e área de contato das esteiras com o solo de 3,6 m²), o solo construído foi escarificado com patrôla a uma profundidade aproximada de 0,15m, seguido por calagem correspondente a 10,4 Mg ha⁻¹ de calcário com PRNT de 100 % e uma adubação de 900 kg ha⁻¹ da fórmula 5-20-20, com base em resultados obtidos pela análise de solo.

Adubações anuais em todas as parcelas também foram realizadas aplicando 250 Kg ha⁻¹ da fórmula 5-30-15 e 250 Kg ha⁻¹ de sulfato de amônio.

No presente estudo foram avaliados os tratamentos: T1- *Hematria (Hemarthria altissima)*, T2 - *Tifton (Cynodon dactylon cv Tifton85)*, T3 - *Pensacola (Paspalum notatum)*; T4 - *Urochloa brizanta (Urochloa brizantha)* e T5 - **Vegetação Espontânea**. Para efeitos comparativos foram utilizados as referências: solo construído sem vegetação localizado na área adjacente ao experimento (T6), e o solo natural (T7), pertencente à área de mineração, com predomínio de vassoura branca (*Baccharis dracunculifolia* Dc), macega estaladeira – (*Saccharum angustifolium* (Ness) Trin), chirca (*Eupatorium huniifolium* Hook. ex Arn.), carqueja (*Baccharis trimera* (Less) Dc) e Caraguatá (*Eryngium horridum* Malne).

2.2 AMOSTRAGEM DO SOLO

Para as determinações dos atributos microbiológicos e carbono orgânico total em todos os tratamentos, foram coletadas amostras com estrutura não preservada na camada 0 – 0,10 m em outubro de 2014. Após a coleta no campo as amostras foram levadas ao Laboratório de Física do Departamento de Solos, colocadas em tabuleiros de madeira mantidos à sombra, manualmente destorroadas em seus agregados naturais e, em seguida secas ao ar. Depois de secas ao ar as amostras foram passadas na peneira de 2,00 mm de diâmetro, e foram encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia e de Rotina do Departamento de Solo, para as determinações de Carbono Microbiano, Respiração Basal, Quociente Metabólico e Carbono Orgânico Total, respectivamente.

2.3 ANALISES MICROBIOLÓGICAS

2.3.1 Biomassa Microbiana

A biomassa microbiana do solo foi realizado através do método de irradiação-extração, descrito por Vence et al., (1987). Foram pesadas duas amostras em duplicatas de 40g de solo (corrigidas de acordo com a umidade), onde uma amostra foi irradiada e a outra não. As amostras não irradiadas foram colocadas em frascos “snap-cap” de 100 ml.

Para a eliminação dos microrganismos uma amostra passou pelo procedimento de irradiação-extração, onde as amostras foram colocadas no forno de micro-ondas (2.450 MHz, Panasonic®, Modelo EM 9003B) durante 4 minutos (2x2) utilizando a potência

máxima. Em seguida acrescentou-se 50 ml de solução K₂SO₄ 0,5M tanto nas amostras irradiadas e não irradiadas. Em seguida as amostras foram agitadas durante 30 minutos à 100 rpm. Após a decantação foram retiradas alíquotas de 25 ml para a determinação do carbono microbiano.

2.3.2 Carbono Microbiano

A determinação de carbono microbiano presente nos extratos de solo foram realizadas de acordo com a metodologia descrita em (TEDESCO et al., 1995).

2.3.3 Respiração Basal

A respiração basal do solo foi determinada pela quantificação de dióxido de carbono (CO₂), conforme a metodologia proposta por (STOTZKY, 1965).

Foram pesados 100g de solo (corrigidos de acordo com a umidade), as amostras de solo foram colocadas em frascos hermeticamente fechados, em seguida foi adicionado no interior do pote um copo plástico de 50 ml, contendo 20 ml de NaOH 1mol l⁻¹, com o objetivo de capturar o CO₂ liberado.

O processo de incubação foi de 21 dias, após o tempo transcorrido, foi realizada a leitura da atividade microbiana, onde o copo plástico foi retirado do frasco e o conteúdo foi transferido para um erlenmeyer, acrescidos 5 ml de solução de Cloreto de Bário (BaCl₂) e 3 gotas do indicador fenolftaleína (1%) e titulado com uma solução de HCl 1mol L⁻¹. Para a prova em branco foram instalados dois frascos contendo apenas a solução de NaOH 1mol L⁻¹.

2.3.4 Quociente Metabólico

O quociente metabólico foi obtido pela razão entre a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana (PIRT, 1975; ANDERSON & DOMSCH, 1978).

2.3.5 Quociente Microbiano

O quociente microbiano foi obtido pela razão entre carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total.

2.4 CARBONO ORGÂNICO TOTAL

O carbono orgânico total foi obtido pela multiplicação da matéria orgânica por 1,724 que foi determinada pelo método Walkey-Black modificado, conforme (EMBRAPA, 2011).

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de significância de 5% e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas por meio do software estatístico (SIGMAPLOT, 2004).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os 11 anos de revegetação os valores de carbono orgânico total (COT) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos estudados com diferentes espécies de Poaceas, entretanto foram em média, 35% superiores aos do solo construído sem vegetação (T6) e 26% inferiores aos do solo natural. Cabe ressaltar que Valadão em 2013, encontrou teores médios de carbono orgânico total de $11,4 \text{ g.Kg}^{-1}$ no solo construído na mesma área do presente estudo, sendo estes inferiores aos observados neste trabalho demonstrando que está havendo incremento deste parâmetro ao longo do tempo (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores médios de Carbono Orgânico Total (COT), Carbono Microbiano, Respiração Basal, Quociente Metabólico e Quociente Microbiano da camada de 0,00-0,10 m de um solo construído após 11 anos de revegetação com poaceas.

Tratamentos		COT	Carbono Microbiano	Respiração Basal	qCO ₂	Quociente Microbiano
		g.Kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	µgCO ₂ .h.g ⁻¹	x10 ⁻³	%
T1		13,02 a	380,73 a	0,37 a	0,95 a	2,92
Δref (%)	(T6)	+38,37	+132,47	+67,33	-28,15	
	(T7)	-24,35	+2,00	+59,30	+48,91	
T2		12,62 a	213,93 c	0,28 a	1,30 a	1,70
Δref (%)	(T6)	+34,05	+30,62	+25,49	-2,40	
	(T7)	-26,71	-42,69	+19,47	+102,28	
T3		14,21 a	262,54 b	0,25 a	0,98 a	1,85
Δref (%)	(T6)	+51,00	+60,30	+13,64	-26,08	
	(T7)	-17,44	-29,66	+8,18	+53,19	
T4		12,62 a	335,59 a b	0,26 a	0,79 a	2,66
Δref (%)	(T6)	+34,05	+104,91	+19,89	-40,60	
	(T7)	-26,71	-10,09	+14,14	+23,11	
T5		11,02 a	218,79 c	0,26 a	1,26 a	1,98
Δref (%)	(T6)	+17,10	+33,59	+18,91	-5,46	
	(T7)	-35,97	-41,38	+13,20	+95,93	
T6		9,41	163,78	0,22	1,33	1,74
T7		17,21	373,26	0,23	0,64	2,16

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si (teste de Tukey, $p < 0,05$). T1: *Hemarthria altissima*; T2: *Cynodon dactylon* cv. Tifton; T3: *Paspalum notatum* cv. Pensacola; T4: *Urochloa brizanta*; T5: vegetação espontânea; T6: solo construído sem vegetação; T7: solo natural.

Com relação ao C microbiano observa-se que houve diferença estatística entre os tratamentos com destaque para a *Hemarthria altissima* (T1) e a *Urochloa brizantha* (T4). Houve um incremento médio de 132% e 104% em relação ao solo sem cobertura (T6) e um incremento de 2% e diminuição de 10% em relação ao solo natural (T7). Desta forma observa-se a potencialidade das plantas de cobertura no acúmulo de C pela massa microbiana, melhorando assim as condições edáficas e consequentemente a microbiota.

Esses resultados demonstram a importância da adição de fontes de carbono em áreas a serem recuperadas, visando a melhoria das condições bioquímicas, o que poderá favorecer a revegetação e retomada do equilíbrio nessas áreas.

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis respiração basal e coeficiente metabólico. Entretanto todos os tratamentos apresentaram respiração basal maior à verificada no solo construído sem vegetação. Com relação ao coeficiente metabólico observa-se que o cultivo de Tifton foi o que apresentou os maiores valores absolutos, Ressalta-se que valores superiores aos observados com o solo nas condições naturais (T7), indicam um alto grau de estresse dos organismos.

Um alto qCO_2 indica que a população microbiana está apresentando um elevado gasto de energia na sua manutenção com uma maior respiração e liberação de CO_2 , em detrimento da menos incorporação de carbono nas células microbianas. Os baixos valores de qCO_2 nos tratamentos em comparação com o solo adjacente sem vegetação (T6), provavelmente sejam decorrentes da baixa respiração do solo, aparentemente resultante da menor incidência de vários fatores estressante nestes locais (Tabela 1).

Conforme os resultados obtidos no presente estudo, os valores para o quociente microbiano, em sua maioria, foram superiores em relação a referência (T6), destacando-se a *Hemarthria altissima* (T1) e a *Urochloa brizantha* (T4), apresentando valores superior de (2,92%) e (2,66%), respectivamente, em relação a referência (T7). Isso indica o grande potencial que estas poaceas têm em fornecer ao solo matéria orgânica, tornando o carbono disponível para a biomassa microbiana.

4 CONCLUSÕES

Pode-se concluir ao longo desses 11 anos de estudo que, apesar dos valores de carbono orgânico total e carbono microbiano dos tratamentos com revegetação ainda serem inferiores ao observado no solo natural, os resultados mostram que a revegetação do solo construído é benéfica na recuperação de sua qualidade microbiológica ao longo do tempo.

5 REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. **Soil Biol. and Bioch.**, v.10, p.215-221,1978.

ANDERSON, J.P.E. Soil respiration. In: **PAGE, A.L. (Ed.) Methods of soil analysis**. 2ed. Part 2. Madison: ASA/SSSA, p.831-871, 1982.

CARDOSO, E.J.B.N; ANDREOTE, F.D. **Microbiologia do solo**. 3. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. 221p.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. & SOARES, A.L.L. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronossequências de reabilitação após a mineração de bauxita. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:621-632, 2008.

CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Roadmap* tecnológico para produção, uso limpo e eficiente do carvão mineral nacional: 2012 a 2035. 2013. Disponível em: www.cgee.org.br/atividades/redirect/7877 Acesso em 03 de abril. 2017.

CORRÊA, R.S.; BENTO, M.A.B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 34:1435-1443, 2010.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=59> Acesso em 03 de abril. 2017.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA CNPS. 2011. 230p.

LONGO, Regina M.; RIBEIRO, A. I.; MELO, Wanderley José de. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da

desidrogenase. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 132-138, 2011.

PIRT, S. J. Principles of microbe and Cell cultivation. Oxford, Boston: Blackwell Scientific, 1975, p.274.

SIGMAPLOT. 2004. For Windows, version 9.01. Systat Software.

SIQUEIRA, José Oswaldo et al. Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil. **Universidade Federal de Lavras, Brasil**, 2010. 716p.

STOTZKY, G. Microbial respiration. In: Methods of soil analysis, Madison: **Amer. Soc. of Agron.**, v.2, n.1, p.1551-1572, 1965.

STUMPF, L. **Desenvolvimento radicular de gramíneas perenes e sua eficiência na recuperação de atributos físicos de um solo construído compactado em área de mineração de carvão**. 2015. 122f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Solos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

STUMPF, Lizete et al. Structure of a constructed soil cultivated with different species of poaceae. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p. 2171-2177, 2014.

TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia. Departamento de Solos Universidade Federal do Rio Grande do Sul - RS, 1995.174p.

VALADÃO, Marina Lopes. **Atributos químicos e microrganismos simbiotes na revegetação de solos degradados por mineração de carvão em Candiota/RS**. 2013. 90p. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

VENCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. Na extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biol. Biochem.**, v. 19, n.6 p.703-707, 1987.