



Quantificação da biomassa aérea de gramíneas em solo degradado em processo de recuperação⁽¹⁾

Thais Soto Boni⁽²⁾; José Antonio Agustini⁽³⁾; Philippe Solano Toledo Silva⁽⁴⁾; Kellian Kenji Gonzaga da Silva Mizobata⁽⁵⁾; Kátia Luciene Maltoni⁽⁶⁾.

(1) Trabalho executado com recursos do CNPq.

(2) Mestranda em Agronomia, UNESP/ Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira/SP, E-mail para contato: thais.sboni@gmail.com; (3) Mestrando em Agronomia, UNESP/ Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira/SP; (4) Graduando em Agronomia, UNESP/ Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira/SP; (5) Mestranda em Agronomia, UNESP/ Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira/SP; (6) Docente do Depto. Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP/ Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira/SP.

RESUMO: O entendimento da contribuição da vegetação espontânea na ocupação de áreas degradadas pode ser útil como critério para detectar alterações, bem como para dar indicações de recuperação em áreas degradadas, pois permite, num pequeno espaço de tempo, observar mudanças ocorridas no solo, possibilitando seu uso como indicador de mudanças ocorrendo em áreas em processo de recuperação. O objetivo deste trabalho é utilizar a quantificação da biomassa de gramíneas, na avaliação da recuperação de uma área de solo degradado, condicionado com resíduos. A quantificação da biomassa das gramíneas foi realizada em subparcelas de 2 x 2 m. Foi também realizada a avaliação da fertilidade do solo. Os resíduos incorporados ao subsolo influenciaram positivamente a produção de biomassa das gramíneas e também a microbiota do solo. A combinação 16 t ha⁻¹ RO e 45 t ha⁻¹ RA produziu as maiores quantidades de biomassa.

Termos de indexação: vegetação espontânea, subsolo exposto, resíduos.

INTRODUÇÃO

Na década de 60, a construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira-SP (CESP, 1988), divisa com Mato Grosso do Sul, gerou extensas áreas degradadas (áreas de empréstimo), de onde foram removidos a vegetação e os horizontes superficiais do solo (cortes com 10 a 12 m de profundidade), o que resultou em insignificante regeneração natural, ao longo de aproximadamente 50 anos.

Segundo Viani et al. (2010), nessas condições de degradação (terraplanagem e cortes), o cerrado apresenta potencial de regeneração natural médio a lento. No entanto, Cury & Carvalho (2011) relatam que áreas de empréstimo ou mineradas apresentam potencial de regeneração nulo, necessitando de intervenções para o reestabelecimento de vegetação.

A combinação de ações de preparo do solo, manejo do hábitat e a introdução de espécies

nativas contribuem para a entrada gradativa de espécies no ecossistema e o retorno de algumas características do sítio original (PRIMACK & MASSARDO, 2001).

Para reintrodução da vegetação em solos degradados de cerrado, que apresentam baixa fertilidade natural é necessário o condicionamento químico, físico e biológico, por meio da adição de insumos (PEDROL et al., 2010).

Este condicionamento pode ser feito com resíduos. As macrófitas aquáticas, removidas das unidades geradoras em Usinas Hidrelétricas (VELINI et al., 2005), e a cinza, oriunda da queima do bagaço da cana-de-açúcar em caldeiras (FREITAS, 2005), podem ser adicionadas ao solo como condicionantes.

Espera-se que, após o condicionamento do solo, acompanhado da introdução de espécies arbóreas nativas, seja possível o estabelecimento de outras espécies, contribuindo para o recobrimento da superfície e redução de processos erosivos (MOREIRA, 2010; OHSOWSKI, et al., 2012).

O entendimento da contribuição da vegetação espontânea na ocupação destas áreas pode ser útil como critério para detectar alterações, bem como para dar indicações de recuperação em áreas degradadas, pois permite, num pequeno espaço de tempo, observar mudanças ocorridas no solo (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007), possibilitando seu uso como indicador de mudanças em áreas em processo de recuperação.

Diante de sua capacidade de colonização, de sua rusticidade, da produção de matéria orgânica e da melhoria que pode promover no solo, o estabelecimento de gramíneas é importante e desejável nos processos de recuperação de solos degradados (Reis et al., 2006).

O objetivo deste trabalho é utilizar a quantificação da biomassa de gramíneas, na avaliação da recuperação de uma área de solo degradado, condicionado com resíduos.



MATERIAL E MÉTODOS

Em novembro de 2011 foi instalado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia – UNESP/Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, MS, uma área experimental com 34.000 m², localizada à margem esquerda do Rio Paraná, a jusante da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, sob Latitude 20° 23' 02" Sul e Longitude 51° 24' 24" Oeste.

Nesta foram incorporados resíduos orgânico (RO) e agroindustrial (RA) ao subsolo, que se encontra exposto desde a década de 60. As doses de RO (macrófitas aquáticas) utilizadas foram 0, 16 e 32 t ha⁻¹ e as de RA (cinza oriunda da queima do bagaço da cana-de-açúcar) foram 0, 15, 30 e 45 t ha⁻¹, que combinadas, produziram 12 tratamentos com 03 repetições, estabelecidos em 36 parcelas (20 x 30 m).

Em fevereiro/2012 foram introduzidas, na área experimental, mudas de 10 espécies arbóreas de ocorrência no cerrado da região, com plantio conduzido em covas (0,40 m de profundidade), utilizando espaçamento 4,0 x 5,0 m, sendo 1.080 o número de mudas utilizadas.

Para a quantificação da biomassa das gramíneas foram demarcadas subparcelas de 2 x 2 m, localizadas no canto superior esquerdo de cada parcela de 20 x 30 m, seguindo metodologia adaptada de Munhoz e Araújo (2011).

Em maio/2015, as gramíneas presentes nestas subparcelas foram cortadas, em cada parcela ao nível do solo. Estas foram pesadas e secas (60 °C por 72h), para obtenção da massa seca (CARNEIRO, 1995).

A avaliação da fertilidade do solo (Raij et al., 2001) foi realizada em abril/2015, na profundidade de 0,0 a 0,20 m, em amostras compostas (5 amostras simples), uma por parcela, proporcionando 03 repetições por tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A biomassa seca e fresca das gramíneas coletadas, apresentam comportamento semelhante, com maior produção nas doses 16 t ha⁻¹ e 45 t ha⁻¹ de resíduo orgânico (RO) e agroindustrial (RA), respectivamente (**Tabelas 1 e 2**).

A maior produção de biomassa seca ocorreu no tratamento com 16 t ha⁻¹ de RO, indicando este como suficiente para o estabelecimento das gramíneas, uma vez que a maior dose de RO (32 t ha⁻¹), apresentou efeitos negativos sobre a produção de biomassa, comportamento também relatado por Caldeira et al., (2000, 2008) para doses crescentes de composto orgânico.

Os resíduos incorporados influenciaram o teor de MO do solo. O aumento das doses de RO

produziu incrementos na MO, justificado por serem as macrófitas fonte de biomassa e nutrientes (GUNNARSSON & PETERSEN, 2007).

A adição do RA pouco contribuiu e em algumas situações reduziu a MO do solo, no entanto pode promover incrementos em outros nutrientes (FEITOSA et al., 2009), bem como reduzir a densidade do solo, aumentar a disponibilidade de água e melhorar a aeração (OHSOWSKI et al., 2012), mostrando efeitos positivos sobre a produção de biomassa, mesmo na ausência de RO (**Figura 1**).

Embora com resultados estatisticamente significativos o pH não apresentou variações importantes (4,4 para 4,6) na presença dos resíduos (**Tabela 1**). Porém pode ter sido suficiente para reduzir o Al mais facilmente trocável (GÖRANSSON, et al., 2008).

O K, com conteúdos bastante baixos no solo, na presença de RO sofreu incrementos da ordem de 50% (0,4 para 0,8 mmolc dm⁻³), valores ainda baixos, indicando que os resíduos aplicados, embora tenham adicionado K ao solo, ainda não foi o suficiente (RAIJ, 2011). Comportamento diferente do Ca que não foi influenciado pelos resíduos utilizados.

Dentre os tratamentos (**Figura 1**) destaca-se a combinação 16 t ha⁻¹ RO e 45 t ha⁻¹ RA, onde a produção de biomassa seca aumentou 34 vezes em relação ao tratamento 1 (RO 00 e RA 00 t ha⁻¹), indicando possibilidade de restabelecimento da cobertura vegetal sobre o subsolo, na presença dos resíduos (RO e RA), que podem não ter contribuído de modo destacado para o condicionamento químico, porém permitiram o estabelecimento de gramíneas e um ligeiro incremento na microbiota, em um subsolo cujas propriedades iniciais não eram favoráveis.

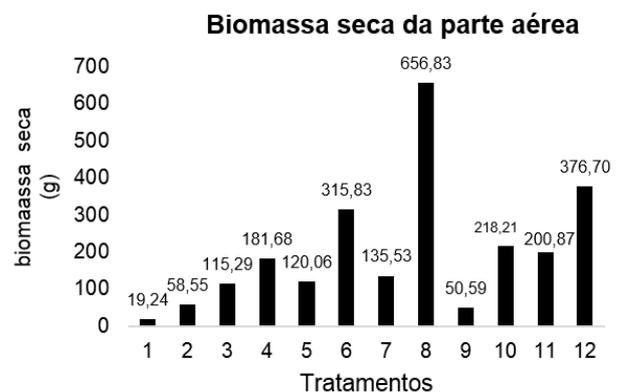


Figura 1. Valores médios de biomassa seca por tratamento. Tratamentos: 1- RO 00 e RA 00 t ha⁻¹; 2- RO 00 e RA 15 t ha⁻¹; 3- RO 00 e RA 30 t ha⁻¹; 4- RO 00 e RA 45 t ha⁻¹; 5- RO 16 e RA 00 t ha⁻¹; 6- RO 16 e RA 15 t ha⁻¹; 7- RO 16 e RA 30 t ha⁻¹; 8- RO 16 e RA 45 t ha⁻¹; 9- RO 32 e RA 00 t ha⁻¹; 10- RO 32 e RA 15 t ha⁻¹; 11- RO 32 e RA 30 t ha⁻¹; 12- RO 32 e RA 45 t ha⁻¹.



Os incrementos na microbiota podem ser identificados pela Respiração Basal (C-CO₂) do solo, a qual apresenta pequenos aumentos com a incorporação dos resíduos (**Tabelas 1 e 3**), e mostra a importância destes para a microbiota do solo em recuperação (BINI et al., 2013), segundo Ohsowski et al., (2012) estas variações podem estar relacionadas ao condicionamento físico do subsolo, promovido pelo RA (redução da densidade, maior disponibilidade de água e aeração) e também ao pH, Al trocável e baixa fertilidade (GÖRANSSON et al., 2012), o que em conjunto pode justificar os baixos valores de respiração basal observados.

CONCLUSÕES

Os resíduos incorporados ao subsolo influenciaram positivamente a produção de biomassa das gramíneas.

A combinação 16 t ha⁻¹ RO e 45 t ha⁻¹ RA produziu as maiores quantidades de biomassa.

A microbiota do solo também respondeu positivamente à incorporação combinada dos resíduos orgânico e agroindustrial.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo auxílio financeiro e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, pela bolsa de pós-graduação concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. S. F. E; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Bioscience Journal*, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

BINI, D. et al. Effects of land use on soil organic carbon and microbial processes associated with soil health in southern Brazil. *European Journal of Soil Biology*, 55, p. 117-123, 2013.

CALDEIRA, M.V.W. et al. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. *Scientia Forestalis*, n. 57, p. 161-170, 2000.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. *Scientia Agraria, Curitiba*, v. 9, N. 1, p. 27-33, 2008.

CARNEIRO, J. G. A. Produção e Controle de Qualidade de Mudas Florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451 p.

CESP. Ilha Solteira: a cidade e a usina. São Paulo: CESP, 1988. 93p.

CURY, R. T. S.; CARVALHO Jr., O. Manual para restauração floresta: florestas de transição. Belém, IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2011 (Série boas práticas ; v. 5).

FEITOSA, D. G. et al., Utilização de Cinza, Oriunda da Queima do Bagaço da Cana de Açúcar, como Insumo para Produção de

Alimentos e Preservação do Meio Ambiente. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 4, n. 2, 2009.

FREITAS, E. de S. Caracterização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar do município de Campos dos Goytacazes para uso na construção civil. 2005. 81 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo Dos Goytacazes – RJ.

GÖRANSSON, P. et al. Colonisation by arbuscular mycorrhizal and fine endophytic fungi in four woodland grasses – variation in relation to pH and aluminium. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 40, p. 2260-65, 2008.

GUNNARSSON, C. C.; PETERSEN, C. M. Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: A literature review. *Waste Management*, v. 27, n. 1, p. 117-129, 2007.

MOREIRA, J. F. Fauna do solo como bioindicador no processo de revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas-PA. 2010. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2010.

MUNHOZ, C. B. R.; ARAÚJO, G. M., Métodos de amostragem do estrato herbáceo-subarbustivo. In: FELFILI, J. M., EISENLOHR, P. V., MELO, M. M. R. F., ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. (eds.) *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos*. Viçosa: Editora UFV, p. 213-230. 2011.

OHSOWSKI, B.M. et al. The potential of soil amendments for restoring severely disturbed grasslands. *Applied Soil Ecology*, v. 60, p. 77-83, 2012.

PEDROL, N. et al. Soil fertility and spontaneous revegetation in lignite spoil banks under different amendments. *Soil and Tillage Research*, v. 110, n. 1, p. 134-142, 2010.

PRIMACK, R.; MASSARDO, F. Restauración ecológica. In: PRIMACK, R. et al. (Ed.). *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas*. México: Fondo de Cultura Económica, 2001. p.559-579.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A., Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agronômico, 2001. 284p.

RAIJ, B. van Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: IPNI, 2011. 420 p.

REIS, A et al. Restauração de áreas degradadas – imitando a natureza. Florianópolis, 2006.

VELINI, E. D. et al. Avaliação operacional do controle mecânico de plantas aquáticas imersas no Reservatório de Jupia. *Planta Daninha, Viçosa, MG*, v.23, nº 2, p.277-285, 2005.

VIANI, R. A. G. et al. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? *Ciência Florestal, Santa Maria*, v. 20, n. 3, p. 533-552 jul.-set., 2010.



Tabela 1. Valores médios de biomassa fresca (MF) e seca (MS) das gramíneas, matéria orgânica (MO), pH, K, Ca, Al e respiração basal (C-CO₂) do solo, por tratamento, bem como Valores de F e coeficiente de variação (CV).

FV	MF#	MS#	MO	pH	K	Ca	Al	C-CO ₂
	---- g ----		g dm ⁻³	CaCl ₂	---- mmolc dm ⁻³ ----			µg g solo ⁻¹ h ⁻¹
RO								
0 t ha ⁻¹	175,9b	93,7b	8,7b	4,5 a	0,4b	2,2	4,5	7,2
16 t ha ⁻¹	638,3a	307,1a	8,7b	4,5 a	0,5b	2,6	4,2	7,6
32 t ha ⁻¹	404,4b	211,6ab	9,6a	4,6 a	0,8 a	3,2	3,0	9,7
RA								
0 t ha ⁻¹	103,8	63,3	8,8	4,4	0,4	1,8	6,0	7,2
15 t ha ⁻¹	344,5	197,5	9,9	4,6	0,6	3,2	3,1	8,7
30 t ha ⁻¹	278,8	150,6	9,1	4,6	0,6	2,5	3,1	7,5
45 t ha ⁻¹	867,9	450,1	8,3	4,6	0,7	3,2	3,4	9,1
Valores de F								
RO	4,862*	4,586*	4,167*	3,521*	12,950**	1,338 ^{ns}	2,906 ^{ns}	3,001 ^{ns}
RA	8642**	6,553**	5,819**	4,132*	2,979 ^{ns}	2,250 ^{ns}	6,594**	1,031 ^{ns}
ROxRA	0,834 ^{ns}	0,716 ^{ns}	1,944 ^{ns}	0,965 ^{ns}	0,464 ^{ns}	1,985 ^{ns}	0,906 ^{ns}	2,837*
CV(%)	48	46	9	2	35	51	42	33

#Dados transformados por $\sqrt{(x+0,5)}$. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, por fonte de variação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. ^{ns}=valores não significativos; * e ** = valores significativos para P ≤ 0,01 e ≤ 0,05, respectivamente.

Tabela 2. Equações de regressão e valores de R², para biomassa fresca (MF) e seca (MS) das gramíneas, MO, pH e Al do solo em relação ao resíduo agroindustrial.

Resíduo Agroindustrial	R ²
MF	
$\hat{y} = 58,7341 + 15,4456x$ t = 0,547 ^{ns} 4,035**	0,7596
MS	
$\hat{y} = 57,3606 + 6,5223x$ t = 1,985 ^{ns} 3,463**	0,7582
MO	
$\hat{y} = 8,8722 + 0,0803x - 0,0020x^2$ t = 33,445** 2,830** -3,470**	0,8621
pH	
$\hat{y} = 4,4911 + 0,0034x$ t = 139,462** 3,034**	0,7425
Al	
$\hat{y} = 5,8722 - 0,2122x + 0,0035x^2$ t = 11,068** -3,736** 2,960	0,9443

^{ns}=valores não significativos; * e ** = valores significativos para P ≤ 0,01 e ≤ 0,05, respectivamente. ; MO = Matéria orgânica do solo; C-CO₂ = Respiração Basal.

Tabela 3. Desdobramentos da interação resíduo orgânico e agroindustrial incorporados ao solo, para Respiração Basal (C-CO₂).

	0 t ha ⁻¹	15 t ha ⁻¹	RA 30 t ha ⁻¹	45 t ha ⁻¹	Valores de F	Equações de Regressão	R ²
C-CO₂ (µg g solo⁻¹ h⁻¹)							
0 t ha ⁻¹	6,8ab	6,8	9,6	5,4	1,297 ^{ns}	\hat{y}^{ns}	
16 t ha ⁻¹	4,5b	8,5	7,3	10,0	2,233 ^{ns}	$\hat{y} = 5,244 - 0,1030x$ t = 3,979** 2,194**	0,7187
32 t ha ⁻¹	10,3a	10,8	5,6	12,0	3,174*	\hat{y}^{ns}	
Valores de F	3,513*	1,703 ^{ns}	1,660 ^{ns}	4,636*			

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. ^{ns}=valores não significativos; * e ** = valores significativos para P ≤ 0,01 e ≤ 0,05, respectivamente.