



Efeito da Utilização de Cama de Aviário como Adubo Orgânico na Qualidade Química e Microbiológica do Solo

Effect of the Use of Aviary Litter as an Organic Fertilizer on the Chemical and Microbiological Quality of the Soil

Juliana Barden Schalleberger; Marcia Matsuoka;
Sandi Siqueira Pavaglio; Giuvana Lazzaretti; Ivana Bettio & Clovis Orlando da Ros

Universidade Federal de Santa Maria,

Linha 7 de setembro, s/n, BR 386 km 40, Frederico Westphalen, RS, Brasil

E-mails: juli-sch@hotmail.com; marciamatsuoka@yahoo.com.br;

sandipavaglio@hotmail.com; giuvalazzaretti@hotmail.com; ivanabettio@hotmail.com & clovisdaros@gmail.com

Recebido em: 27/06/2018 Aprovado em: 21/11/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_1_580_592

Resumo

A disposição de cama de aviário no solo de maneira contínua e descontrolada pode causar impactos ambientais. Esse estudo teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de cama de aviário nas características químicas e microbiológicas do solo. A primeira coleta de solo foi realizada dois anos após a última aplicação de cama de aviário nas áreas com cultivo de tifton, milho/aveia, olerícolas e mandioca, e na mata nativa. A segunda coleta foi realizada noventa dias após a aplicação nos solos com cultivos anuais (tifton e milho/aveia) e na mata nativa. Os dados da primeira coleta foram constituídos de um experimento inteiramente casualizado, e os da segunda coleta por meio de um experimento fatorial 3x2 (usos do solo x tempo de aplicação). As análises químicas realizadas foram de macro e micronutrientes, pH, carbono orgânico e saturação por bases, além do nitrogênio mineral. As características microbiológicas analisadas foram carbono da biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico, quociente microbiano e mineralização do nitrogênio. A aplicação de cama de aviário atrelada aos demais fatores relacionados as culturas, teores de argila e manejos dos solos provocou um aumento da saturação por bases e nas concentrações de Ca, Mg, K, P e Zn, e reduziu o carbono orgânico e o nitrogênio mineral. O CBMS e a sua atividade diminuíram, e o quociente metabólico aumentou. Os solos da segunda coleta apresentaram valores maiores de RBS, qCO_2 , N mineral e mineralização do nitrogênio. A aplicação de cama de aviário influenciou as características químicas e microbiológicas do solo.

Palavras-chave: Impacto ambiental; Indicadores microbiológicos; Resíduo sólido

Abstract

A continuous and uncontrolled disposal of the aviary bed on the ground can cause environmental impacts. This study had as objective to evaluate the influence of the application of aviary bed on the chemical and microbiological characteristics of the soil. The first collect was made two years after the last application of aviary bed in the areas with cultivation of tifton, corn /oats oleraceous and cassava, and in the native forest. The second harvest was made ninety days after the application in soils with annual crops (tifton and corn /oat) and in the native area. The data of the first collection were made up of a completely randomized experimente and the second one was made trough a 3x2 factorial experiment (soil uses x application time). The chemical analysis were about macro and micronutrients, pH, organic carbon and base saturation, besides mineral nitrogen. The microbiological characteristics analyzed were microbial biomass carbon, basal respiration, metabolic quotient, microbial quotient and nitrogen mineralization. The application of aviary bed related to the other factors such as crops, clay content and soil management caused an increase in the base saturation and in the concentrations of Ca, Mg, K, P and Zn, and reduced soil organic carbon and mineral nitrogen in the soil. The MBC and its activity decreased, and the metabolic quotient increased. The soils of the second collect had higher values of BR, qCO_2 , mineral N and nitrogen mineralization. An application of aviary bed influenced as soil chemical and microbiological characteristics.

Keywords: Environmental impact; Microbiological indicators; Solid waste

1 Introdução

A avicultura brasileira está entre uns dos maiores produtores de carne de frango do mundo, destacando-se como um setor de relevante importância para o país. No entanto, atrelado à produção, gera-se uma quantidade significativa de resíduos, principalmente a cama de aviário (Paula Junior, 2014). A cama de aviário é utilizada na avicultura para forrar o piso dos galpões, sendo constituída por um material que incorpora e absorve as excretas, secreções, penas e restos de alimentos das aves. Dentre os materiais absorventes têm-se a maravalha, casca de café, sabugo de milho triturado, capins, restos de culturas e outros (Vieira, 2011).

Ao final de cada ciclo produtivo, a cama de aviário torna-se um resíduo que necessita de uma destinação adequada. Devido à elevada concentração de nutrientes e material orgânico, este resíduo é reaproveitado como adubo pela maioria dos produtores (Penã, 2010). No entanto, segundo disposição de maneira contínua e descontrolada pode causar impactos ambientais. Conforme Hahn (2004) o excesso do resíduo no solo torna a extração das culturas insuficiente para reciclá-lo, provocando a contaminação do solo por nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, e por microrganismos patogênicos e metais pesados presentes na cama de aviário. Além disso, a qualidade das águas superficiais e subterrâneas também pode ser afetada através do carregamento dos resíduo pelo processo de lixiviação (Oviedo-Rondón, 2008).

A qualidade do solo pode ser influenciada pela aplicação de resíduos orgânicos no solo, devido as alterações provocadas nas suas características químicas, físicas e biológicas. A biomassa microbiana possui funções importantes no solo, como decompor os compostos orgânicos, reciclar os nutrientes e promover o fluxo de energia (Moreira & Siqueira, 2006). Dessa forma, as mudanças que ocorrem no solo são rapidamente refletidas na comunidade microbiana e na sua atividade metabólica, sendo considerada um bioindicador da qualidade do solo (Nogueira, 2013).

Em vista das alterações e dos impactos ambientais que podem ser ocasionados pela disposição inadequada desse resíduo, este trabalho tem como

objetivo avaliar a influência da aplicação de cama de aviário nas características químicas e microbiológicas do solo.

2 Metodologia

O estudo foi realizado em uma propriedade rural localizada no interior do município de Seberi, Rio Grande do Sul. Essa possui um histórico de sete anos de utilização da adubação orgânica com cama de aviário nas culturas agrícolas. Entre os anos de 2008 e 2014, a cama de aviário foi aplicada anualmente e após um intervalo de dois anos realizou-se novamente a aplicação (2016).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é subtropical úmido do tipo Cfa (Kuinchner & Buriol, 2001). A área apresenta relevo suave ondulado e predominam os Nitossolos Vermelhos Distrofêricos latossólicos conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Cunha *et al.*, 2011).

As coletas de solo foram realizadas em áreas com diferentes usos do solo com e sem aplicação de cama de aviário e em duas épocas distintas. A Figura 1 apresenta a localização das áreas nas quais foram coletadas amostras de solo para a realização do estudo.

A primeira coleta ocorreu em junho de 2016, dois anos após a última aplicação. A segunda coleta realizou-se em agosto de 2016, noventa dias após a última aplicação. A quantidade de cama de aviário depositada no solo nas áreas de cultivo de tifton e agrícola (sucessão milho/aveia) foi de 19,5 toneladas ha⁻¹ por aplicação. Diferentemente das demais, as áreas com cultivo de olerícolas e mandioca recebem adição constante de cama de aviário. Como se pretendeu verificar o efeito temporal da aplicação de cama de aviário no solo, na segunda coleta as amostras foram realizadas somente nos solos com cultivo de tifton, milho/aveia e da mata nativa. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm em quatro pontos distintos de cada tratamento, constituindo amostras compostas. Os tratamentos de cada coleta estão expostos na Tabela 1.

As características químicas determinadas nas amostras de solos da primeira coleta foram: pH em

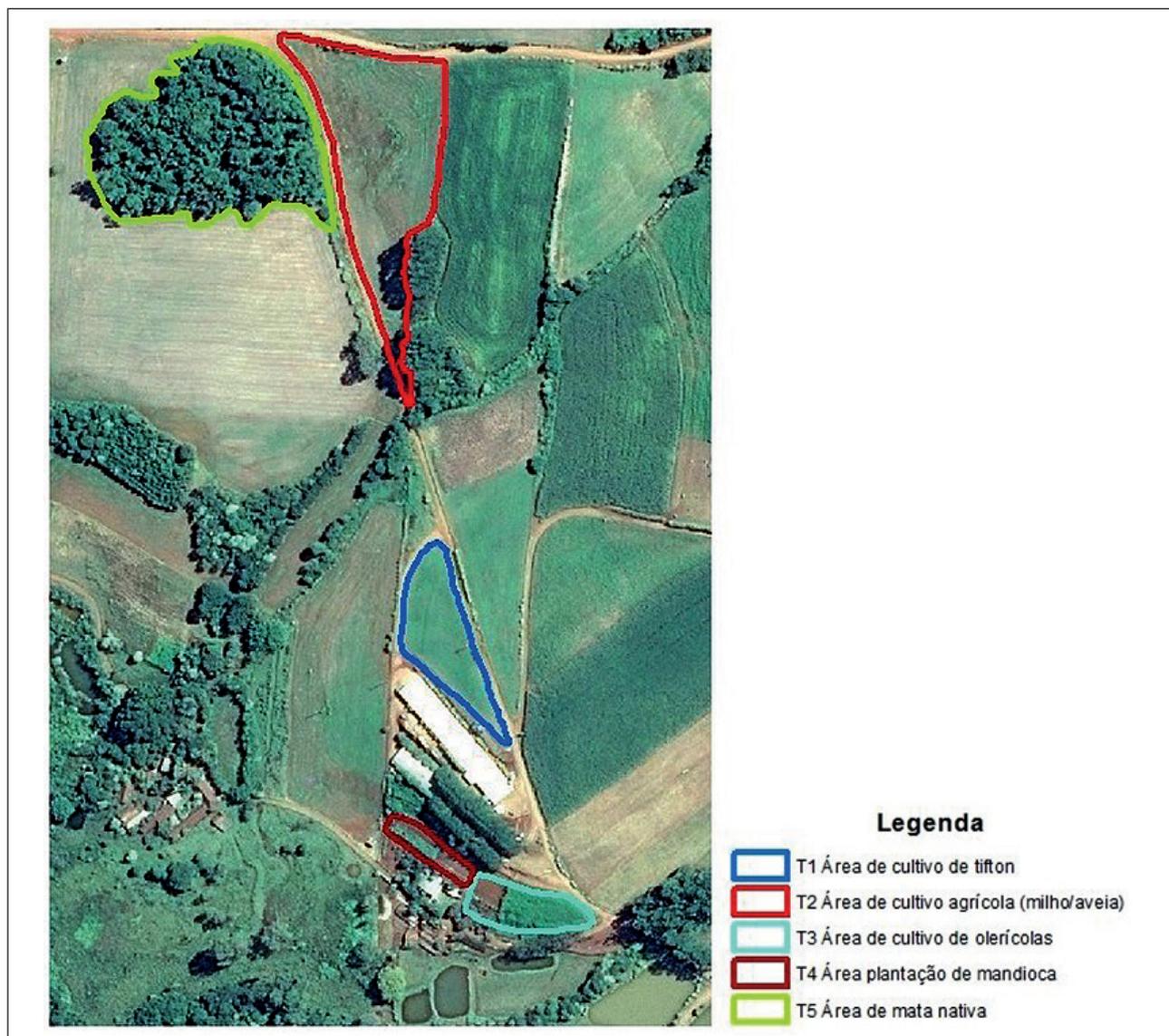


Figura 1 Localização da área nativa e das áreas de cultivos onde foram realizadas as coletas de solo, nas coordenadas geográficas 27°25'58.66"S e 53°26'09.07"O (adaptado do Google Earth Pro utilizando o programa ArcGis 10.3).

Coleta 1*	Coleta 2**
T1: área de cultivo de tifton	T1: área de cultivo de tifton (<i>Cynodon spp.</i>);
T2: área de cultivo agrícola de milho/aveia (<i>Zea mays/Avena sativa</i>);	T2: área de cultivo agrícola de milho/aveia (<i>Zea mays/Avena sativa</i>);
T3: área de cultivo de olerícolas;	-
T4: área de plantação de mandioca (<i>Manihot esculenta Crantz</i>);	-
T5: área de mata nativa.	T5: área de mata nativa.

Tabela 1 Descrição dos tratamentos utilizados no estudo em função das duas coletas.

*Coleta 1: Dois anos após a última aplicação;

**Coleta 2: Noventa dias após a última aplicação.

água, carbono orgânico (C-org), fósforo disponível, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco e saturação por bases (V%). Estas análises foram realizadas segundo a metodologia de Tedesco *et al.* (1995). As concentrações de amônio e nitrato também foram determinadas conforme a metodologia de Tedesco *et al.* (1995). Os teores de nitrogênio mineral total foram obtidos pela soma das concentrações de amônio e nitrato.

A respiração basal do solo foi determinada pelo método da incubação do solo e quantificação do

CO₂ liberado, conforme Silva, Azevedo & De-poli (2007). A análise foi realizada aos 7 e 14 dias de incubação, e utilizou-se a média dos valores do período para determinação da respiração diária. A metodologia utilizada para a determinação do carbono da biomassa microbiana do solo foi a fumigação-incubação descrita por Jenkinson & Powlson (1976, tradução nossa) e adaptada por Silveira (2011).

O quociente metabólico do solo foi obtido através da relação da respiração basal com o carbono da biomassa microbiana, conforme Anderson e Domsch (1993, tradução nossa). O quociente microbiano foi determinado pela razão entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total do solo (Tótola & Chaer, 2000). A determinação da mineralização do nitrogênio foi realizada através do método anaeróbico de Canali & Benedetti (2006, tradução nossa), descrito por Silveira (2011).

Os dados obtidos da coleta 1 foram avaliados através de um delineamento inteiramente casualizado, e os da coleta 2 por meio de um experimento fatorial 3x2 (usos do solo x tempo de aplicação) para verificar a interferência das culturas e do tempo de aplicação da cama de aviário nas características do solo.

Os valores obtidos foram analisados estatisticamente e quando ocorreram diferenças significativas, utilizou-se o teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade. Para atenderem os preceitos da normalidade os dados da primeira coleta de nitrogênio amoniacal, nitrato (NO₃), Ca, P, Zn, Mg e os valores de nitrogênio mineralizado do experimento fatorial foram transformados. As análises estatísticas foram realizadas através do programa ASSISTAT versão 7.7 beta (Silva, 2011).

3 Resultados e Discussão

3.1 Estudo 1

Os resultados do estudo 1 referem-se a primeira coleta de solo que foi realizada dois anos após a última aplicação de cama de aviário. As características químicas dos solos estudados estão apresentadas na Tabela 2.

O pH do solo variou entre 4,39 e 5,91 para mata nativa e tifton, respectivamente (Tabela 2). Os

Tratamentos	Argila %	pH (água)	C-org %	Saturação por Bases %		
Tifton	57,90 b ¹	5,91 a	2,36 b	78,28 ab		
Milho/Aveia	15,72 c	5,54 a	1,34 d	90,24 a		
Olerícolas	56,45 b	5,46 a	2,36 b	71,38 b		
Mandioca	74,12 a	4,81 b	1,91 c	37,72 c		
Mata Nativa	49,97 b	4,39 b	3,11 a	45,43 c		
CV%	7,84	5,34	7,82	9,81		
Tratamentos	Ca	Mg	Cu	K	Zn	P
	cmolc/dm ³		mg/dm ³			
Tifton	6,28 bc	3,25 b	230,52 a	33,68 bc	16,25 a	17,31 a
Milho/Aveia	21,79 a	8,85 a	129,13 b	49,95 ab	8,09 b	8,25 b
Olerícolas	7,22 b	2,60 b	308,65 a	165,68 a	10,35 b	27,83 a
Mandioca	2,66 d	0,89 c	81,11 b	8,33 cd	11,10 b	5,71 b
Mata Nativa	4,35 c	1,30 c	128,23 b	7,33 d	7,54 b	6,90 b
CV%	10,1	7,77	21,66	19,83	20,9	13,63

Tabela 2 Características químicas dos solos sob vegetação nativa e diferentes cultivos com aplicação de cama de aviário.

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

valores de pH dos solos com cultivos foram maiores que o da mata nativa, porém o cultivado com mandioca não apresentou diferença significativa. Isto pode estar relacionado com a realização da prática de calagem do solo nas áreas cultivadas que promove o aumento do pH.

De uma forma geral, os solos da região possuem naturalmente um pH baixo, sendo considerados ácidos (Tiecher *et al.*, 2016). Neste estudo, a aplicação de cama de aviário não está influenciando no pH do solo. O mesmo foi observado por Carvalho (2010) ao analisar um solo adubado com as seguintes doses de cama de aviário, 0, 3, 6 e 9 mg ha⁻¹, onde os valores de pH alternaram de 5,5 a 5,6.

Conforme a Tabela 2, todos os tratamentos apresentaram menor porcentagem de carbono orgânico (C-org) quando comparados com a mata nativa (3,11 %). O solo com cultivo de milho/aveia apresentou o menor teor de carbono orgânico (1,34 %). Na área cultivada com milho e aveia a colheita retira grande parte dos resíduos vegetais que retornam ao solo nos sistemas naturais como fonte de carbono orgânico. Fontana *et al.* (2011) também encontraram maiores valores de carbono orgânico na mata nativa, em relação aos solos cultivados. Esses resultados foram atribuídos ao menor grau de antropização, e a maior reserva e aporte de matéria orgânica nos solos de mata.

As pastagens são culturas que favorecem o aumento do teor de carbono orgânico do solo, pois possuem um sistema radicular de ciclagem rápida, promovem um elevado aporte de material vegetal nas camadas superficiais e não necessitam de preparo do solo após o cultivo (Wendling *et al.*, 2012). Esses fatores também podem estar contribuindo para a maior presença de carbono orgânico no cultivo de tifton, em comparação aos demais sistemas agrícolas em que a cama de frango foi adicionada.

O baixo carbono orgânico no cultivo de milho/aveia também pode ser justificado pelo baixo teor de argila presente no solo (15,72 %) (Tabela 2). Segundo Padilha *et al.* (2014), em solos argilosos a decomposição da matéria orgânica é mais lenta devido à agregação das partículas que promovem maior proteção do composto, dificultando a ação dos microrganismos e favorecendo o acúmulo de carbono orgânico no solo. Dessa forma, efeitos contrários a estes são observados em solos arenosos.

A área estudada apresenta um solo de baixa fertilidade natural como pode ser observado na Tabela 2 através do baixo valor de saturação por bases encontrado na mata nativa (45,43 %). De uma forma geral, a aplicação de cama de aviário elevou a saturação por bases nos tratamentos estudados, com exceção do cultivo de mandioca que não apresentou diferença significativa em relação à área nativa. Esse expressivo aumento se deve ao acréscimo nas concentrações de cálcio, magnésio e potássio nas áreas de cultivo onde a cama de aviário é aplicada.

Donini (2011) também verificou o aumento da saturação de bases do solo em função do aporte de cátions básicos presentes na cama de aviário, onde o solo que recebeu o resíduo orgânico apresentou cerca de 80 % de saturação de bases e a área de vegetação nativa menos que 20 %, corroborando com os resultados encontrados neste estudo.

Os teores de cálcio aumentaram em todos os tratamentos com aplicação de cama de aviário, quando comparados com a mata nativa (4,35 cmolc/dm³), com exceção do cultivo de mandioca que apresentou valor inferior (2,66 cmolc/dm³). O maior valor encontrado foi 21,79 cmolc/dm³ no cultivo de milho/aveia. Espanhol *et al.* (2007) observaram que a adi-

ção de doses crescentes de cama de aviário provocou uma elevação linear na concentração de cálcio no solo, principalmente nos primeiros 10 cm do solo. Esse comportamento se deve aos teores de cálcio na composição química do resíduo.

Os teores de magnésio nos solos com cultivos foram maiores comparados com o da mata nativa, com exceção do tratamento com mandioca que não apresentou diferença significativa. Os valores de magnésio variaram entre 0,89 e 8,85 cmolc/dm³ para o cultivo de mandioca e milho/aveia, respectivamente (Tabela 2).

Em um estudo sobre a adubação da cultura de alface com esterco de galinha, Abreu *et al.* (2010) concluíram que a aplicação de 1,5 kg/m² desse resíduo provocou uma elevação na concentração de magnésio no solo de 1,9 cmolc/dm³ para 6,8 cmolc/dm³. Esse comportamento foi atribuído ao aumento significativo do pH de 5,8 para 7,1, o que aumenta a disponibilidade deste macronutriente no solo.

Os teores de potássio dos tratamentos com aplicação de cama de aviário apresentaram-se maiores em relação à mata nativa, com exceção dos solos cultivados com mandioca e milho/aveia que não apresentaram diferenças significativa em relação ao sistema nativo. O menor teor de potássio encontrado foi de 81,11 mg/dm³ no solo com cultivo de mandioca e o maior 308,65 mg/dm³ com olerícolas (Tabela 2).

Em um Latossolo Vermelho adubado com 14 toneladas ha⁻¹ de esterco de galinha, Moreti *et al.* (2007) verificaram um aumento nos níveis de potássio na camada de 10 a 20 cm do solo. Esse resultado foi atribuído ao fornecimento de potássio pelo resíduo e as maiores concentrações do nutriente favoreceram a lixiviação para as camadas mais profundas do solo.

A baixa concentração de potássio no solo sob cultivo de milho/aveia e de mandioca pode estar relacionada com a absorção do macronutriente pelas culturas. Uma vez que, conforme Pinho *et al.* (2009), o potássio é o segundo elemento mais extraído pelas plantas de milho. O mesmo pode ser observado no solo com plantação de mandioca, pois o potássio é o nutriente utilizado em maior quantidade por essa cultura (Otsubo & Lorenzi, 2002).

De uma maneira geral, a aplicação de cama de aviário está promovendo um aporte de Ca, Mg e K no solo. No entanto, o pH do solo também pode estar influenciando nestes macronutrientes, visto que, com a sua elevação em função da calagem do solo, os cátions básicos são predominantes, os quais, consequentemente, contribuem para o aumento da saturação por bases.

Os teores de fósforo dos solos com aplicação de cama de aviário foram superiores aos encontrados na mata nativa. Os valores variaram de 7,33 mg/dm³ no solo com mata nativa a 165,68 mg/dm³ com oleícolas (Tabela 2).

O aumento da concentração de fósforo pode estar relacionado com a presença de ácidos orgânicos no resíduo, os quais ao competirem com o elemento pelos sítios de adsorção do fósforo ou bloquearem previamente esses sítios, ocasionam a diminuição na adsorção de fósforo e uma consequente elevação da concentração desse nutriente na solução do solo, aumentando a disponibilidade para as plantas (Andrade *et al.*, 2003). Além disso, esse aumento pode ser proveniente do fósforo solúvel presente no resíduo (Ramalho & Facas, 2014).

A mandioca apesar de se desenvolver em solos de baixa fertilidade absorve grandes quantidades de nutrientes, sendo considerada uma cultura esgotante, pois grande parte do que foi absorvido é exportado do solo com a retirada das raízes (Fialho & Vieira, 2011). Esse fato pode estar contribuindo para a baixa concentração de fósforo no solo cultivado com mandioca (8,33 mg/dm³).

O elevado teor de fósforo no cultivo de oleícolas pode ser atribuído à aplicação constante de cama de aviário, sem considerar a concentração do nutriente no solo e a necessidade da cultura, associado ao ciclo curto de produção e aos cultivos múltiplos no decorrer do ano na mesma área (Mantovani *et al.*, 2014).

Em relação ao cobre apenas o tratamento com cultivo de tifton apresentou diferença significativa, quando comparado com a mata nativa. As concentrações de cobre nesses solos foram 7,54 mg/dm³ para a mata nativa e 16,25 mg/dm³ para o cultivo

de tifton (Tabela 2). Assim, é possível afirmar que a aplicação de cama de aviário não está influenciando nas concentrações de cobre dos solos estudados.

Nos teores de zinco nos solos estudados, somente foi verificado aumento significativo nos tratamentos com cultivo de tifton e oleícolas, em relação à mata nativa. No entanto, todos os tratamentos apresentaram concentrações de zinco maiores que na mata nativa, com exceção do solo com cultivo de mandioca. Os valores variaram entre 5,71 e 27,83 mg/dm³ para os solos com cultivo de mandioca e oleícolas, respectivamente (Tabela 2).

Tiecher *et al.* (2016) observaram em um levantamento de solos da região norte do Rio Grande do Sul, que 90 % das amostras estudadas apresentaram teores de Cu e Zn 4 vezes superiores ao nível de suficiência para as plantas. Segundo os autores isso se deve, em parte, ao material de origem (rochas basálticas) no qual os solos da região são formados e a faixa mediana de pH (5,5 a 6,0) que é a faixa onde ocorre a maior disponibilidade destes elementos no solo, corroborando com os resultados encontrados neste estudo.

Neste estudo, segundo o Manual de Adubação e Calagem, as áreas cultivadas apresentam teores altos a muito altos dos macronutrientes e micronutrientes, com exceção dos teores médios de cálcio e magnésio no solo com cultivo de mandioca (Comissão de química e fertilidade do solo - RS/SC, 2004). Apesar disso, o produtor utiliza em torno de 19,5 t ha⁻¹ de cama de aviário nessas áreas de forma empírica sem seguir a recomendação da análise do solo ou as exigências da cultura, causando um excedente de nutrientes no solo.

O acúmulo de elementos químicos no solo pode causar danos à qualidade do mesmo e da água. Dessa forma, é necessário o monitoramento constante dos solos que recebem aplicações de resíduos orgânicos, para que sejam utilizados em quantidades e maneiras adequadas, conciliando o aumento da fertilidade do solo com a preservação dos recursos naturais.

Na Tabela 3 estão apresentadas as características microbiológicas dos solos analisados.

Tratamentos	CBMS	RBS	qCO ₂	qMIC
Tifton	412,63 a ¹	8,87 b	0,89 b	1,75 b
Milho/Aveia	256,61 b	6,61 c	1,09 b	1,93 b
Olerícolas	259,60 b	11,35 a	1,86 a	1,09 c
Mandioca	185,68 b	5,30 c	1,21 b	0,59 d
Mata Nativa	513,87 a	9,51 ab	0,79 b	2,68 a
CV%	15,95	11,79	18,83	13,19

Tabela 3 Valores de CBMS (mg C mic kg⁻¹ solo), RBS (mg C-CO₂ kg⁻¹ solo dia⁻¹), qCO₂ (mg C-CO₂ g⁻¹ CBMS h⁻¹) e qMIC (%) do solos.

¹Médias seguidas de mesma letra (na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Os valores de CBMS com aplicação de cama de aviário foram menores em comparação ao da mata nativa, porém o solo com cultivo de tifton não apresentou variação significativa. Os valores da biomassa microbiana variaram entre 185,68 e 513,87 mg C mic kg⁻¹ para a área com mandioca e mata nativa, respectivamente (Tabela 3).

Glaeser *et al.* (2010) também observaram que o solo com vegetação nativa apresentou maior quantidade de carbono da biomassa microbiana em relação aos sistemas de manejo orgânico do cultivo de café. Esse comportamento foi atribuído à ausência de preparo do solo, maior diversidade florística e aos níveis de temperatura e umidade mais adequados para o desenvolvimento da biomassa.

Neste estudo foi possível verificar que apesar da cama de aviário ser a fonte de material orgânico no solo, importante para os microrganismos, outros fatores ligados ao manejo das culturas estão influenciando negativamente a população microbiana do solo. No cultivo com olerícolas, os resíduos vegetais na superfície do solo são facilmente decompostos e pouco contribui para a biomassa microbiana. O solo exposto na plantação de mandioca e as práticas agrícolas de revolvimento do solo no cultivo de milho/aveia dificultam o incremento da biomassa microbiana.

Segundo Carneiro *et al.* (2008), o sistema radicular abundante e volumoso das gramíneas, que se concentra nos primeiros 10 cm de profundidade do solo, promove uma maior entrada de carbono através

da rizosfera e necromassa (folhas e raízes mortas), favorecendo o desenvolvimento da microbiota do solo. Além disso, o não revolvimento do solo nesse cultivo contribui para o aumento da população microbiana (Oliveira, Mendes & Vivaldi, 2001). Esses fatores justificam o maior valor de carbono da biomassa microbiana no solo com cultivo de tifton.

Os tratamentos com cultivo de mandioca e milho/aveia apresentaram valores de respiração basal do solo (RBS) inferiores ao da mata nativa, já os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa em relação a área nativa. Conforme a Tabela 3, os valores encontrados para mandioca, milho/aveia e mata nativa foram de 5,30, 6,61 e 9,51 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo dia⁻¹, respectivamente. Neste estudo, a respiração basal do solo está sendo mais influenciada pelos sistemas agrícolas do que pela aplicação de cama de aviário no solo.

A maior liberação de CO₂ no solo sob condições naturais também foi observado por Santos *et al.* (2004). Esse resultado foi verificado em virtude do solo dessa área não ser revolvido e do próprio sistema adicionar constantemente o material orgânico, constituindo uma cobertura que promove menor variação de temperatura e umidade. Essas condições contribuem para um elevado crescimento e desenvolvimento da biomassa e atividade microbiana do solo.

Os solos com cultivo de mandioca geralmente apresentam uma qualidade inferior aos demais devido a menor quantidade de material orgânico adicionada pelos resíduos culturais, as características radiculares e o revolvimento do solo realizado na colheita (Fontana *et al.*, 2011). Esses fatores contribuem para a baixa disponibilidade de substrato orgânico, reduzindo a atividade microbiana.

Os valores de quociente metabólico (qCO₂) não apresentaram diferença significativa em relação à mata nativa, com exceção do solo com cultivo de olerícolas. No entanto, verificou-se uma tendência de aumento do qCO₂ nos solos com aplicação de cama de aviário. O menor valor encontrado foi 0,79 mg C-CO₂ g⁻¹ CBMS h⁻¹ na mata nativa e o maior 1,86 mg C-CO₂ g⁻¹ CBMS h⁻¹ no cultivo com olerícolas (Tabela 3).

Os baixos valores de quociente metabólico ocorrem em solos equilibrados, normalmente encontrados em condições naturais onde a biomassa é mais eficiente na utilização da energia, ocorrendo menor perda de carbono como CO₂ e incorporando maior quantidade de carbono ao tecido microbiano (Gama-Rodrigues & Gama-Rodrigues, 1999). O solo com elevado quociente metabólico é caracterizado por uma baixa biomassa e alta respiração, pois os microrganismos estão submetidos a condições ambientais estressantes e utilizam mais carbono para sua manutenção (Souza *et al.*, 2006).

Müller *et al.* (2014) ao analisarem o quociente metabólico do solo adubado com diferentes resíduos orgânicos, verificaram que os maiores valores encontrados foram 0,12, 0,09 e 0,06 mg C-CO₂ mg⁻¹ C mic dia⁻¹ para os compostos de esterco de bovinos e aves e o composto de efluente de suínos, respectivamente, indicando um possível estresse dos microrganismos. Esse comportamento foi atribuído à qualidade da matéria orgânica que dificultou a decomposição pelos microrganismos, aumentando o gasto energético.

Este efeito pode ser observado através do qMIC que apresentou reduções em todos os tratamentos com a aplicação de cama de aviário (Tabela 3). Para Cardoso *et al.* (2009) as reduções nos valores do quociente microbiano ocorrem devido à baixa qualidade nutricional da matéria orgânica, promovendo um ambiente de estresse para a microbiota, tornando-a incapaz de utilizar totalmente o carbono orgânico.

Os valores de quociente microbiano inferiores à 1% indicam a presença de algum fator limitante à atividade microbiana (Jakelaitis *et al.*, 2008). Isso pode ser observado no tratamento com cultivo de mandioca, onde o solo sem cobertura e o sistema radicular também podem favorecer a redução do qMIC.

Na Tabela 4 estão apresentados os teores de N-amônio, N-nitrato, nitrogênio mineral total e mineralização do nitrogênio de solos analisados.

Conforme a Tabela 4, os teores de N-amônio dos solos com aplicação de cama de aviário não

Tratamentos	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N Mineral total	N mineralizado
Tifton	5,95 a ¹	18,37 b	24,32 b	34,74 ab
Milho/Aveia	3,33 ab	12,69 bc	16,01 c	14,18 c
Olerícolas	3,33 a	20,12 bc	19,66 bc	25,55 bc
Mandioca	1,31 b	10,06 c	11,37 c	14,44 c
Mata Nativa	3,33 a	33,69 a	37,01 a	43,05 a
CV%	10,01	17,16	17,54	19,93

Tabela 4 Valores de N-amônio (mg kg⁻¹), N-nitrato (mg kg⁻¹), N mineral total (N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻) e N mineralizado (mg kg⁻¹) dos solos.

¹T1 Médias seguidas de mesma letra (na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

apresentaram diferenças significativas em relação à mata nativa, com exceção do solo com cultivo da mandioca. O maior teor de N-NH₄⁺ foi 5,95 mg kg⁻¹ no solo com cultivo de tifton e o menor 1,31 mg kg⁻¹ com mandioca.

Em um experimento sobre as perdas de nitrogênio no solo adubado com 20 Mg ha⁻¹ de cama de frango, Richart, Gibbert & Müller (2014) obtiveram após 42 dias da adição do resíduo, 9,51% e 8,62% de volatilização da amônia com o pH do solo igual 5,5 e 6,5, respectivamente. Apesar dos solos apresentarem valores baixos de pH, eles influenciaram na formação e volatilização da amônia.

Piovesan *et al.* (2009) ao estudarem a perda de nutrientes via sub superfície no solo adubado com dejetos líquidos de bovino, verificaram que em condições de pluviosidade intensa ocorre a redução dos teores de amônio no solo e o carregamento desse elemento para os corpos d'água, caracterizando-se como uma fonte de poluição hídrica.

As baixas concentrações de amônio podem estar relacionadas as perdas por lixiviação devido a área rural apresentar relevo ondulado. Além de que o resíduo pode apresentar baixo teor de amônio, pois o revolvimento da cama no aviário favorece a volatilização da amônia.

As concentrações de NO₃ foram menores nos solos com cultivos quando comparadas com a da mata nativa. Os valores variaram entre 10,06 mg kg⁻¹ para o solo com cultivo de mandioca e 33,69 mg kg⁻¹ para mata nativa (Tabela 4).

Avaliando os teores de nitrogênio no solo adubado com diferentes fontes de nitrogênio, Cardoso Neto, Guerra & Chaves (2006) observaram que a amônia não exerceu efeito inibitório sobre os organismos nitrificantes, pois ocorreu acúmulo de nitrato no solo. Os processos de nitrificação e/ou volatilização contribuíram para a maior concentração de nitrato do que de amônio no solo. Esse comportamento também pode ser observado no presente estudo, uma vez que, em todos os tratamentos as concentrações de nitrato foram superiores as de amônio.

As baixas concentrações de nitrato nas áreas com cultivo e aplicação de cama de aviário são justificadas em função da possível lixiviação e absorção desse elemento pelas culturas e pelos microrganismos.

O nitrogênio mineral total representado pela soma do N-amônio e N-nitrato diminuiu significativamente em todos os tratamentos com aplicação de cama de aviário. O menor valor obtido foi 11,37 mg kg⁻¹ no solo com cultivo de mandioca e o maior 37,01 mg kg⁻¹ com mata nativa.

A mineralização do nitrogênio foi menor nos solos que recebem aplicação de cama de aviário, com exceção do cultivo de tifton que não diferiu significativamente em relação à mata nativa (Tabela 4). A elevada mineralização do nitrogênio na mata nativa pode ser associada às melhores condições químicas e físicas do solo que favorecem a atividade microbiana (Cardoso *et al.*, 2011). O nitrogênio presente na cama de aviário é predominantemente mineral (amônia e nitrato) (Oviedo-Rondón, 2008), em função disso, ocorre uma redução na taxa de mineralização do nitrogênio, pois os microrganismos do solo precisam transformar uma pequena quantidade de nitrogênio orgânico em mineral.

3.2 Estudo 2

O estudo 2 refere-se à comparação entre os resultados obtidos na primeira e segunda coleta realizada noventa dias após a última aplicação da cama de aviário.

De modo geral, ocorreram diferenças significativas isoladas para as culturas e os dois tempos de avaliação após aplicação da cama de aviário, em

todas as características analisadas. No entanto, a interação da cultura com o tempo somente apresentou diferenças significativas para o carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) e quociente metabólico (qCO₂) (Tabela 5).

Na Tabela 6 estão apresentados os valores de CBMS, RBS e qCO₂ dos solos de ambas as coletas.

Os valores de carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) foram menores nos sistemas de cultivo que recebem aplicação de cama de aviário,

Fonte de variação	RBS	CBMS	qCO ₂	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N mineral	N mineralizado
Cultura	12,85**	53,38**	15,41**	2,5	57,60**	51,98**	107,62**
Cultura x Tempo	1,96	12,46**	,63**	1,39	1,8	2,1	34,85
CV%	13,7	20,62	26,2	35,87	15,21	14,15	3,52

Tabela 5 Valores de F para as características dos solos analisados. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade. * significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tratamento	CBMS		RBS		qCO ₂	
	mg C mic kg ⁻¹ solo		mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo dia ⁻¹		mg C-CO ₂ g ⁻¹ BMS-Ch ⁻¹	
Coleta	1	2	1	2	1	2
Tifton	412,63 aA ¹	289,17 bA ¹	8,87 aB	11,56 aA	0,89 aB	1,68 aA
Milho/Aveia	256,61 bA	190,68 bA	6,61 bB	7,90 bA	1,09 aB	1,80 aA
Mata Nativa	513,87 aB	778,46 aA	9,51 aB	9,76 aA	0,79 aA	0,54 bA
CV%	20,62		13,7		26,21	

Tabela 6 Características microbiológicas dos solos do solo de mata nativa e com sistemas de cultivo em duas épocas, dois anos (coleta 1) e noventa dias (coleta 2) após aplicação de cama de aviário. ¹Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

em ambos os períodos analisados. Nas duas coletas foi verificado menores quantidades de CBMS no cultivo de milho/aveia, 256,61 mg C mic kg⁻¹ na primeira e 190,68 mg C mic kg⁻¹ na segunda. Apenas na mata nativa ocorreram diferenças significativas entre as coletas, onde o maior valor foi verificado na segunda coleta (Tabela 6).

Segundo Perez & Ramos (2004), o solo de mata por apresentar maior diversidade de espécies

vegetais, contínua deposição de resíduos orgânicos, grande quantidade de raízes e de água retida, favorece a manutenção da biomassa do solo. Em áreas com cultivos agrícolas o solo possui menor cobertura vegetal e ocorre frequente preparo do mesmo, propiciando uma condição adversa que contribui para o decréscimo da população microbiana.

Silvano (2011) observou que a adição de doses crescentes de dejetos líquidos de bovino promoveu um aumento linear da biomassa microbiana do solo. O resíduo contribuiu para o desenvolvimento da biomassa, pois apresenta grandes quantidades de nutrientes e várias formas de carbono lábil, servindo como fonte de alimento para os microrganismos.

Os maiores valores de respiração basal do solo ocorreram no cultivo de tifton e na mata nativa. Os valores de RBS da segunda coleta foram superiores aos encontrados na primeira coleta, em todos os tratamentos avaliados (Tabela 6). Araújo, Goedert & Lacerda (2007) observaram que o intenso desenvolvimento radicular das gramíneas forrageiras na camada superior do solo, favorece a atividade biológica. Martins, Abreu & Campos (2012) observaram menor respiração basal do solo na área com cultivos anuais (milho e soja), em relação à mata nativa. Essa redução da RBS ocorreu devido às intensas práticas agrícolas, marcadas pelo revolvimento do solo, aplicação de insumos e utilização de maquinários.

Os maiores valores de respiração basal do solo após noventa dias da última aplicação de cama de aviário (coleta 2) podem ser atribuídos à maior disponibilidade de nutrientes na fase inicial de decomposição do material orgânico, favorecendo a atividade microbiana. O mesmo comportamento foi observado por Passianoto *et al.* (2001) ao analisarem os efeitos da aplicação de lodo de curtume no solo durante 148 dias de incubação.

Os maiores valores do quociente metabólico (qCO_2) foram obtidos nos tratamentos da segunda coleta. O quociente metabólico variou entre 0,54 a 1,80 $mg\ C-CO_2\ g^{-1}\ CBMS\ h^{-1}$ para o solo da mata nativa e com cultivo de milho/aveia, respectivamente (Tabela 6). Os maiores valores de quociente metabólico no solo com cultivo de milho podem ser decorrentes da utilização de herbicidas e do manejo

agrícola do solo, submetendo a microbiota a um ambiente de estresse. Gonçalves (2014) verificou que o solo com sucessão milho/feijão apresentou maior valor de qCO_2 (0,74 $\mu g\ C-CO_2\ \mu g^{-1}\ CBM\ dia^{-1}$) e menor com soja/trigo (0,30 $\mu g\ C-CO_2\ \mu g^{-1}\ CBM\ dia^{-1}$). Esse resultado foi atribuído ao fato da cultura do milho produzir elevada biomassa de difícil degradação, ocasionando uma perturbação aos microrganismos do solo.

Com a análise do solo aos 30, 60, 90 e 125 dias após a incorporação de subproduto da agroindústria de café, Padilha *et al.* (2014) verificaram maiores valores de quociente metabólico aos 30 dias. Esse comportamento foi observado devido ao subproduto de café fornecer nutrientes e energia para os microrganismos, resultando em uma intensa atividade microbiana no início da decomposição e sua redução com o tempo. O mesmo pode ser observado no presente estudo, uma vez que, o solo analisado 90 dias após a aplicação de cama de aviário apresentou maior qCO_2 do que após 2 anos.

Conforme a apresentado Tabela 7, as concentrações de amônio dos solos ($N-NH_4^+$) tanto da primeira como da segunda coleta não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Na primeira coleta o maior valor foi 5,95 $mg\ kg^{-1}$ no solo com cultivo de tifton e na segunda coleta 6,96 $mg\ kg^{-1}$ na mata nativa. Na segunda coleta as concentrações de $N-NH_4^+$ foram superiores as da primeira coleta.

Tratamentos	N-NH ₄ ⁺		N-NO ₃ ⁻		N mineral		N mineralizado	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Tifton	5,95 ¹ aB	6,52 aA	18,37 bB	39,74 bA	24,32 bB	46,26 bA	34,74 bB	114,66 bA
Milho/Aveia	3,32 aB	4,99 aA	12,69 cB	27,93 cA	16,01 cB	32,92 cA	14,18 cB	40,11 cA
Mata Nativa	3,32 aB	6,96 aA	33,69 aB	57,89 aA	37,01 aB	64,86 aA	43,05 aB	145,32 aA
CV%	35,87		15,21		14,15		3,52	

Tabela 7 Valores de N-amônio ($mg\ kg^{-1}$), N-nitrato ($mg\ kg^{-1}$), N mineral total $mg\ kg^{-1}$ e N mineralizado ($mg\ kg^{-1}$) do solos.

¹Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As concentrações de amônio dos solos (N-NH_4^+) tanto da primeira como da segunda coleta não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Na primeira coleta o maior valor foi $5,95 \text{ mg kg}^{-1}$ no solo com cultivo de tifton e na segunda coleta $6,96 \text{ mg kg}^{-1}$ na mata nativa. Na segunda coleta as concentrações de N-NH_4^+ foram superiores as da primeira coleta (Tabela 7).

Rogeri (2010) verificou um aumento linear nos teores de amônio do solo com a aplicação de doses crescentes de cama de aves. Além disso, observou que as concentrações de amônio decresceram ao longo do período de incubação, sendo que na última avaliação os valores foram similares entre as doses. Esse comportamento indicou que quase todo o amônio foi convertido em outras formas de nitrogênio. Os maiores valores de amônio no solo da segunda coleta podem ser justificados pelo menor período de tempo para que ocorressem as transformações do nitrogênio, sendo estes então, determinados nesse período.

Em ambas as coletas, os teores de nitrato (NO_3) dos solos com aplicação de cama de aviário foram inferiores aos da mata nativa. Na primeira coleta o menor valor foi $12,69 \text{ mg kg}^{-1}$ e na segunda coleta $27,93 \text{ mg kg}^{-1}$, ambos no solo com cultivo de milho/aveia. As concentrações de nitrato da segunda coleta foram superiores as da primeira coleta, em todos os tratamentos (Tabela 7).

As concentrações de nitrato foram maiores que as de amônio nas duas coletas, o mesmo foi observado por Rogeri (2010), o qual verificou uma diminuição das quantidades de N-NH_4^+ acompanhada pelo aumento dos teores de NO_3 , devido ao processo de oxidação do nitrogênio amoniacal (nitrificação) pelas bactérias nitrificadoras.

Carvalho, Barbosa & Miyazawa (2014) verificaram menores teores de amônio e nitrato nos solos com aplicação de cama de aviário, comparados com o do tratamento testemunha. Esse resultado se deve ao fato de que a cama de aves foi curtida durante quatro meses, o que pode contribuir para maior volatilização da amônia. Além disso, a utilização de cal virgem para desinfecção dos aviários também favorece o processo de volatilização devido ao aumento do pH. Com a menor concentração de amônio, consequentemente ocorre menor nitrificação e diminui os teores de nitrato do solo.

Dessa forma, as reduções das concentrações de amônio e nitrato após 2 anos de aplicação da cama de aviário podem estar relacionadas com os processos de nitrificação, volatilização e lixiviação, além da absorção pela plantas e microrganismos.

Nas duas coletas os teores de nitrogênio mineral dos solos com cultivos foram inferiores aos da mata nativa. Na primeira coleta o menor valor foi $16,01 \text{ mg kg}^{-1}$ e na segunda coleta $32,92 \text{ mg kg}^{-1}$, ambos no cultivo com milho/aveia. As concentrações de N-mineral total da segunda coleta apresentaram-se superiores as da primeira coleta (Tabela 7).

As quantidades de nitrogênio mineralizado nas duas coletas foram menores nos solos com aplicação de cama de aviário em relação à mata nativa. O solo com cultivo de milho/aveia apresentou os menores valores, $14,18$ e $40,11 \text{ mg kg}^{-1}$ na primeira e segunda coleta, respectivamente (Tabela 7). A mineralização do nitrogênio foi menor na primeira coleta em comparação com a segunda. Isso pode estar relacionado ao menor teor da fração orgânica do solo coletado dois anos após a aplicação de cama de aviário (Tabela 2), o que contribui para a diminuição da concentração de nitrogênio orgânico e consequentemente para a menor mineralização do mesmo.

O solo de mata nativa por apresentar melhores condições ambientais favorece a atividade dos microrganismos que realizam a mineralização do nitrogênio, o que justifica os maiores valores nessa área. A baixa mineralização do nitrogênio no cultivo de milho pode ser justificada pela elevada relação C/N da palha de milho presente na superfície do solo, a qual impede a rápida mineralização do nitrogênio (Silva *et al.*, 2008). Fioreze (2010) verificou que os solos que receberam aplicação de cama de aves apresentaram maior mineralização do nitrogênio. Esse resultado foi atribuído ao maior teor de nitrogênio total e orgânico adicionado com a cama de aves.

4 Conclusões

A aplicação de cama de aviário influenciou as características químicas e microbiológicas do solo.

A aplicação de cama de aviário associada às culturas e seus manejos provocou um aumento na saturação por bases e nas concentrações de cálcio,

magnésio, potássio, fósforo e zinco, e uma redução no carbono orgânico do solo e nitrogênio mineral total do solo. O uso da cama de aviário reduziu o carbono da biomassa microbiana, a atividade basal do solo e a mineralização de nitrogênio. Além disso, influenciou negativamente tanto no quociente metabólico quanto no quociente microbiano do solo.

A redução da qualidade microbiológica dos solos ocorrida em função da aplicação da cama de aviário foi mais expressiva com o passar do tempo após a aplicação do resíduo, e com a maior interferência antrópica nos sistemas de cultivos estudados.

As características microbiológicas do solo foram mais sensíveis as alterações ocorridas em função da aplicação da cama de aviário, detectando efeito negativo na população e atividade microbiana antes mesmos de serem observadas nas características químicas do solo.

A utilização excessiva da cama de aviário como adubo pode provocar a contaminação do solo e dos recursos hídricos. Portanto, ressalta-se a necessidade do monitoramento contínuo das características químicas e microbiológicas do solo para que essa condição seja identificada e evitada. Dessa forma, demais estudos devem ser realizados sobre a quantidade ideal e a forma adequada de sua aplicação ao solo, a fim de conciliar o aumento da produtividade com a preservação da qualidade dos recursos naturais.

5 Referências

- Abreu, I.M.O.; Junqueira, A.M.R; Peixoto, J.R. & Oliveira, S.A. 2010. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(1):108-118.
- Anderson, T.H. & Domsch, K.H. 1993. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 25(3):393-395.
- Andrade, F.V.; Mendonça, E.S.; Alvarez, V.H & Novais, R.F. 2003. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolos e adsorção de fosfato. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:1003-1011.
- Araújo, R.; Goedert, W.J. & Lacerda, M.P.C. 2007. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:1099-1108.
- Canali, S. & Benedetti, A. 2006. Soil Nitrogen Mineralization. In: BLOEM, J.; HOPKINS, D. W. & BENEDETTI, A. (Ed.). *Microbiological methods for assessing soil quality*, Oxfordshire, CABI Publishing, p. 127-135.
- Cardoso Neto, F.; Guerra, H.O.C. & Chaves, L.H.G. 2006. Nitrogênio residual em solo adubado com diferentes fontes e intervalos de aplicação de nitrogênio. *Revista Caatinga*, 19(2):161-169.
- Cardoso, A.I.I. Ferreira, K.P. Vieira Júnior, R.M. & Alcarde, C. 2011. Alterações em propriedades do solo adubado com composto orgânico e efeito na qualidade das sementes de alface. *Horticultura Brasileira*, 29(4):594-599.
- Cardoso, E.L.; Silva, M.L.N.; Moreira, F.M.S. & Curi, N. 2009. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(6):631-637.
- Carneiro, M.A.C.; Carvalho Melo, L.B.; Assis, P.C.R.; Pereira, H.S.; Paulino, H.B. & Silveira Neto, A.N. 2008. Atributos bioquímicos em dois solos de Cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38 (4):276-283.
- Carvalho, R.; Barbosa, G.C. & Miyazawa, M. 2014. Teor de nitrogênio no solo pela aplicação de dejetos de suínos e cama de aviário em Latossolo Vermelho eutroférrico. *Synergismus scyentifica*, 9(1).
- Carvalho, R.E. 2010. *Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agrônômicas da soja e nutrientes do solo*. Programa de Pós-graduação em Agronomia/ Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Dissertação de Mestrado, 56 p.
- Comissão de química e fertilidade do solo - RS/SC. 2004 *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 10ª ed. Porto Alegre.
- Cunha, N.G.; Koester, E.; Filippini, J.M.A.; Costa, F.A.; Terres, V.C. & Lopes, R. T.2011. *Estudo de Solos do Município de Seberi, RS*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 36. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 114).
- Donini, J.V.S. 2011. *Características químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo sob aplicação de cama de frango em complemento à adubação mineral*. Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Dissertação de Mestrado, 40 p.
- Espanhol, G.L.; Albuquerque, J.A.; Mafra, A.L.; Nuernberg, N.J. & Nava, G. 2007. Propriedades químicas e físicas do solo modificadas pelo manejo de plantas espontâneas e adubação orgânica em pomar de macieira. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 6(2): 83-94.
- Fialho, J.F. & Vieira, E.A. (Ed.). 2011. *Mandioca no Cerrado*. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 208. (Embrapa Cerrados. Orientações Técnicas, 2).
- Fontana, A.; Silva, C.F.; Pereira, M.G.; Loss, A. & Brito, R.J. Benites, V.M. 2011. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. *Acta Scientiarum*, 33(3):545-550.
- Gama-rodrigues, E.F. & Gama-rodrigues, A.C. 1999. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G.A. & Camargo, F.A.O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2ª ed. Porto Alegre, Gênese, p. 1-12.
- Glaeser, D.F. Mercante, F.M.; Alves, M.A.M. & Silva, R.F. 2010. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, 14 (2):103-114, 2010
- Gonçalves, V.A. 2014. *Características físicas e microbiológicas do solo em sistema de plantio e sucessões de culturas*. Programa de pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 47 p.
- Hahn, L. 2004. *Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agrossistemas*. 2004. Programa de Pós-graduação em Agrossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Dissertação de Mestrado, 127 p.
- Jakelaitis, A. Silva, A.A., Santos, J.B. & Vivian, R. 2008. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38(2):118-127.

- Jenkinson, D.S. & Powlson, D.S. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil – III. The relationships between soil biovolume measured by optical microscopy and the flush of decomposition caused by fumigation. *Soil Biology and Biochemistry*, 8:189-202, 1976.
- Kuinchtner, A. & Buriol, G.A. 2001. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. *Disciplinarum Scientia*, 2(1):171-182.
- Mantovani, J.R. Oliveira, I.A.C.; Marques, D.J.; Silva, A.B. & Landgraf, P.R.C. 2014. Teores de fósforo no solo e produção de alface crespa em função de adubação fosfatada. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(4):2369-2380.
- Martins, G.S.L.; Abreu, V.P. & Campos, A.N.R. 2012. Respiração basal e induzida por compostos orgânicos de carbono em solos de diferentes agroecossistemas da Zona da Mata de Minas Gerais. *Vértices*, 14 (2):189-201.
- Moreira, F.M.S. & Siqueira, J.O. 2006. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2ª ed. Lavras: Editora, UFLA, 729 p.
- Moreti, D.; Alves, M.C.; Valério Filho, W.V. & Carvalho, M.P. 2007. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:167-175.
- Müller, D.H.; Camili, E.C.; Guimarães, S.C., Campos, D.T.S.; Martins, M.E. & Barros, K.C. 2014. Biomassa e atividade microbiana de solo sob aplicação de resíduos orgânicos. *Revista Internacional de Ciências*, 5 (2):71-82.
- Nogueira, M.A. 2013. Aplicação de resíduos ao solo: a microbiologia pode ajudar no monitoramento? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., Florianópolis/SC. *Anais...* Florianópolis, CBCS.
- Oliveira, J.R.A.; Mendes, I.C. & Vivaldi, L. 2001. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25: 863-871.
- Otsubo, A.A. & Lorenzi, J.O. (Ed.). 2002. *Cultivo de Mandioca na Região Central-Sul do Brasil*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campinas: IAC; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 116. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de Produção, 3).
- Oviedo-Rondón, E.O. 2008. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:239-252.
- Padilha, K.M. Freire, M.B.G.S.; Duda, G.P.; Santos, U.J.; Silva, A.O. & Souza, E.R. 2014. Indicadores biológicos de dois solos com a incorporação de subproduto da agroindústria de café. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:1377-1386.
- Passianoto, C.C.; Castilhos, D; Castilhos, R; Lima, A. & Lima, C. 2001. Atividade microbiana no solo com a aplicação de dois diferentes lodos de curtime. *Revista Brasileira de Agrociência*, 7(2):125-130.
- Paula Junior, S.E.M. 2014. *Avaliação das alternativas de disposição final do resíduo da produção de frango de corte: cama de frango*. Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, 100 p.
- Penã, J.A.G.A. 2010. *Produtividade de milho, perdas de nitrogênio e compartimentos de matéria orgânica*. Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, p. 105.
- Perez, K.S.S. & Ramos, M.L.G. 2004. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(6):567-573.
- Piovesan, R.P.; Favaretto, N. Pauletti, V.; Motta, A.C.V. & Reismann, C.B. 2009. Perda de nutrientes via subsuperfície em colunas de solo sob fertilização mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:757-766.
- Ramalho, P.F. & Facas, G.L. 2014. Efeito do esterco de galinha aplicado em cobertura no solo cultivado com abacaxi. In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14, 2014, Tatuapé/SP. *Anais...* Tatuapé/SP: SEMESP.
- Richart, A.; Gibbert, R.M. & Müller, E.J. 2014. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia da cama de frango em função do manejo de aplicação em Argissolo Vermelho. *Synergismus scyentifica*, 9 (1).
- Rogeri, D.A. 2010. *Suprimento e perdas de nitrogênio no solo decorrentes da adição de cama de aves*. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina, Dissertação de Mestrado, 93 p.
- Santos, V.B. Castilhos, D.D.; Castilhos, R.M.V. Pauletto, E.A.; Gomes, A.S. & Silva, D.G. 2004. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Agrociência*, 10 (3):333-338.
- Silva, E.C.; Muraoka, T.; Buzetti, S.; Espinal, F.S.C. & Trivelin, P.C.O. 2008. Utilização de nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2853-2861.
- Silva, E.E.; Azevedo, P.H.S. & De-Polli, H. 2007. *Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 99).
- Silva, F.A.S. *Assistat Versão 7.7 beta*. 2011.
- Silvano, C. 2011. *Atributos biológicos em solos sob plantio direto com aplicação de dejetos líquido bovino*. Programa de pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, Dissertação de Mestrado, 62 p.
- Silveira, A.O. 2011. *Avaliação de metodologias para o monitoramento da qualidade do solo*. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 87 p.
- Souza, E.D.; Carneiro, M.A.C.; Paulino, H.B.; Silva, C.A. & Buzetti, S. 2006. Alterações nas frações do carbono em um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. *Acta Scientiarum*, 28(3):305-311.
- Tedesco, M.J.; Volkweiss, S.J. & Bohnen, H. 1995. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Boletim técnico N. 5. 2. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174 p.
- Tiecher, T.; Martins, A.P.; Peretto, E.J.S.; Fink, J.R.; Santos, L.S.; Denardin, L.G.O. & Tiecher, T.L.; 2016. *Evolução e estado de fertilidade do solo no Norte do Rio Grande do Sul e Sudoeste de Santa Catarina*. Porto Alegre, UFRGS, 53 p.
- Tótola, M.R. & Chaer, G.M. 2000. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: Alvarez V.V.H.; Schaefer, C.E.G.R.; Barros, N.F.; Mello, J.W.V. & Costa, L.M. *Tópicos em ciência do solo*. 1:195-276.
- Vieira, M.F. A. 2011. *Caracterização e análise da qualidade sanitária de camas de frango de diferentes materiais reutilizados sequencialmente*. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Dissertação de Mestrado, 81 p.
- Wendling, B.; Vinhal-Freitas, I.C.; Oliveira, R.C. Babata, M.M. & Borges, E.N. 2012. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta pinus, pastagem e plantio direto. *Bioscience Journal*, 28: 256-265.