



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CECA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JOÃO PEDRO DE CASTRO SILVA

INDICADORES BIOLÓGICOS DA ACELERAÇÃO DA COMPOSTAGEM DA CASCA
DE COCO SECO SUBMETIDA À HIDRÓLISE ALCALINA E CAMA DE OVINOS.

RIO LARGO - AL
2022

JOÃO PEDRO DE CASTRO SILVA

INDICADORES BIÓLOGICOS DA ACELERAÇÃO DA COMPOSTAGEM DA CASCA
DE COCO SECO SUBMETIDA À HIDRÓLISE ALCALINA E CAMA DE OVINOS.

Monografia apresentada ao corpo docente do curso de Agronomia da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Dr^a. Tâmara Cláudia de Araújo Gomes.

RIO LARGO - AL

2022

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

S586i Silva, João Pedro de Castro

Indicadores biológicos da aceleração da compostagem da casca de coco seco submetidos à hidrólise alcalina e cama de ovinos. / João Pedro de Castro Silva. – 2022.

32 f.; il.

Monografia de Graduação em Agronomia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2022.

Orientação: Prof^a. Dr^a. Tâmara Cláudia de Araújo Gomes

Inclui bibliografia

1. Compostagem. 2. Fibras de coco. 3. Ovinocultura. I. Título.

CDU 631.86:636.3

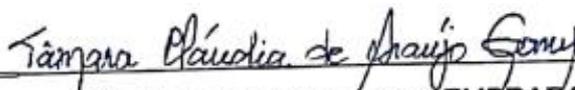
Folha de Aprovação

JOÃO PEDRO DE CASTRO SILVA

INDICADORES BIOLÓGICOS DA ACELERAÇÃO DA COMPOSTAGEM DA CASCA DE COCO SECO SUBMETIDA À HIDRÓLISE ALCALINA E CAMA DE OVINOS.

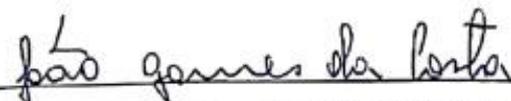
Monografia apresentada ao corpo docente do curso de Agronomia da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Dr^a. Tâmara Cláudia de Araújo Gomes

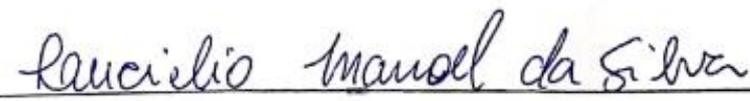


Dr^a. Tâmara Cláudia de Araújo Gomes – EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS
(Orientadora)

Banca examinadora:



Prof. Dr. João Gomes da Costa – EMBRAPA ALIMENTOS E TERRITÓRIOS



Dr. Luciélcio Manoel da Silva - EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS

Dedico este trabalho aos meus pais
Virgínia de Castro Silva e Flávio Ricardo
dos Santos Silva, pelo amor, criação e por
todo ensinamento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida, e por me guiar nesse caminho, me dando força para superar todos os obstáculos até a conclusão dessa etapa. Agradeço a toda minha família, em especial aos meus pais Virgínia de Castro Silva e Flávio Ricardo dos Santos Silva, por todo apoio e dedicação, e por nunca medirem esforços para que eu tivesse uma educação de qualidade.

Agradeço ao meu irmão João Victor de Castro Silva, pelo companheirismo de sempre. Agradeço a minha noiva, Anyelly Gomes Santos, por estar comigo desde o começo dessa jornada, me apoiando e me incentivando, por todo companheirismo e por todo amor e carinho dedicados a mim.

Agradeço a minha orientadora, Dr^a. Tâmara Cláudia de Araújo Gomes, por todo ensinamento, atenção disponibilizada e orientação. Agradeço pela forma como me acolheu desde o início.

Agradeço a todo corpo técnico da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Ítalo, Weslany e Luciélio, pela convivência amigável e pelos ensinamentos. Aos demais colaboradores da unidade pelo acolhimento desde o meu primeiro dia.

Aos meus parceiros de laboratório, Marcone, Fernanda e José Kevin, pela parceria ao longo dessa jornada.

Aos meus amigos de graduação, Dalmo, Cristhopher, José Kevin e Túlio, pela amizade sincera, por todo apoio e pelos momentos de descontração.

À Embrapa, pela oportunidade de realização do estágio e dos projetos de iniciação científica.

À Universidade Federal de Alagoas, pela oportunidade de realização da minha graduação.

Ao CNPq, pelo suporte financeiro.

E a todos que de forma direta e indireta que contribuíram para realização desse trabalho e minha formação acadêmica.

RESUMO

O cultivo do coco gera um volume significativo de resíduos e sua reciclagem por meio da compostagem, constitui em uma alternativa importante para a utilização das cascas de coco na propriedade agrícola. No entanto, um dos desafios para seu uso na obtenção de compostos orgânicos é a sua lenta degradação, que poderia ser acelerada pelo uso de agentes alcalinos, como a cal hidratada. A integração da ovinocultura em áreas de produção de coco maduro viabilizaria a compostagem na propriedade agrícola, por disponibilizar uma importante fonte de nitrogênio. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a aceleração da compostagem da casca do coco seco (CCS), utilizando-a como cama de ovinos, submetida ou não à hidrólise alcalina, utilizando para isso, a biomassa e atividade microbianas. O ensaio foi realizado em área de produtor, no município de Barra de Santo Antônio, AL. O pré-tratamento da cama de ovinos consistiu na aplicação de hidróxido de cálcio na proporção de 2 % da massa seca de CCS. Após 45 dias, as camas de ovinos foram enleiradas tendo-se estabelecido os seguintes tratamentos: Cama de ovinos com CCS hidrolisada (P1); Cama de ovinos com CCS não hidrolisada (P2); CCS hidrolisada + sulfato de amônio (P3); CCS não hidrolisada + sulfato de amônio (P4); CCS hidrolisada (P5) e CCS não hidrolisada (P6). Amostras da cama de ovinos foram coletadas aos 30 dias após a colocação dos animais e aos 9, 26, 54, 89, 124 e 222 dias após a montagem das leiras. Determinaram-se a biomassa e atividade microbianas, pH em água e condutividade elétrica (CE), e o teor de carbono orgânico. O pH e a CE das leiras aumentaram por efeito dos dejetos dos ovinos e diminuição decorrente do sulfato de amônio, tendo sido pouco influenciado pela cal. A respiração basal e biomassa microbiana são mais elevadas durante o período da CCS como cama de ovinos do que durante a compostagem. Durante o processamento do composto, o carbono orgânico decresceu como esperado nas leiras de CCS com cama de ovinos, sendo pouco influenciado pela aplicação da cal. Concluiu-se que, os indicadores biomassa e atividade microbianas ressaltou a existência de diferenças entre os tratamentos testados para acelerar a compostagem da casca de coco seco, com destaque para a estratégia de uso da CCS como cama de ovinos.

Palavras-chaves: Compostagem, Fibras de coco, Cal hidratada, Ovinocultura.

ABSTRACT

Coconut cultivation generates a significant volume of waste and its recycling through composting constitutes an important alternative for the use of coconut husks on the farm. However, one of the challenges for its use in obtaining organic compounds is its slow degradation, which could be accelerated by the use of alkaline agents, such as hydrated lime. The integration of sheep farming in mature coconut production areas would enable composting on the farm, as it provides an important source of N. The objective of the present work was to evaluate the acceleration of dry coconut husk (CCS) composting, using it as a sheep litter, submitted or not to alkaline hydrolysis, using biomass and microbial activity. The test was carried out in a producer area, in the municipality of Barra de Santo Antônio, AL. The pre-treatment of the sheep litter consisted of the application of calcium hydroxide in the proportion of 2 % of the dry mass of SCC. After 45 days, the sheep litter were swathed and the following treatments were established: Sheep litter with hydrolyzed CCS (P1); Sheep litter with nonhydrolyzed CCS (P2); hydrolyzed CCS + ammonium sulfate (P3); unhydrolyzed CCS + ammonium sulfate (P4); Hydrolyzed CCS (P5) and non-hydrolyzed CCS (P6). Sheep litter samples were collected at 30 days after placing the animals and at 9, 26, 54, 89, 124 and 222 days after assembling the windrows. Biomass and microbial activity, water pH and electrical conductivity (EC), and organic carbon content were determined. The pH and EC of the windrows increased as a result of sheep manure and decreased as a result of ammonium sulfate, having been little affected by lime. Basal respiration and microbial biomass are higher during the CCS period as sheep litter than during composting. During compost processing, organic carbon decreased as expected in SCC windrows with sheep litter, being little affected by lime application. It was concluded that the use of biomass and microbial activity indicators highlighted the existence of differences between the treatments tested to accelerate the composting of dry coconut husk, with emphasis on the strategy of using CCS as sheep litter.

Keywords: Composting, Coconut fibers, Hydrated lime, Sheep farming.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Valores de pH em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos ou adicionadas de sulfato de amônio, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada; P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada; P3: CCS hidrolisada + sulfato de amônio; P4: CCS não hidrolisada + sulfato de amônio; P5: CCS hidrolisada e, P6: CCS não hidrolisada. 21
- Figura 2.** Condutividade elétrica (CE) em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos ou adicionadas de sulfato de amônio, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada; P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada; P3: CCS hidrolisada + sulfato de amônio; P4: CCS não hidrolisada + sulfato de amônio; P5: CCS hidrolisada e, P6: CCS não hidrolisada. 22
- Figura 3.** Carbono orgânico em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos ou adicionadas de sulfato de amônio, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada; P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada; P3: CCS hidrolisada + sulfato de amônio; P4: CCS não hidrolisada + sulfato de amônio; P5: CCS hidrolisada e, P6: CCS não hidrolisada. 23
- Figura 4.** Respiração basal em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada e P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada. 24
- Figura 5.** Respiração basal em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos ou adicionadas de sulfato de amônio, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo 25

Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada; P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada; P3: CCS hidrolisada + sulfato de amônio; P4: CCS não hidrolisada + sulfato de amônio; P5: CCS hidrolisada e, P6: CCS não hidrolisada.

Figura 6. Biomassa microbiana em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos ou adicionadas de sulfato de amônio, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada; e P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada. 26

Figura 7. Biomassa microbiana em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos ou adicionadas de sulfato de amônio, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada; P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada; P3: CCS hidrolisada + sulfato de amônio; P4: CCS não hidrolisada + sulfato de amônio; P5: CCS hidrolisada e, P6: CCS não hidrolisada. 27

LISTA DE ABREVIATURAS

BaCl₂: Cloreto de bário

BM: Biomassa microbiana

C: Carbono

Ca(OH)₂: Hidróxido de cálcio

CaO: Óxido de cálcio

CCS: Casca de coco seco

CE: Condutividade elétrica

CO₂: Dióxido de carbono

dg: Decagrama

H⁺: Íon de hidrogênio

H₂O: Água

H₂SO₄: Ácido sulfúrico

HCl: Ácido clorídrico

K₂Cr₂O₇: Dicromato de potássio

mg: Miligrama

MO: Matéria orgânica

mS: milliSiemens

N: Nitrogênio

NaOH: Hidróxido de sódio

pH: Potencial hidrogeniônico

PROCOCO: Associação dos Produtores de Coco do Estado de Alagoas

RB: Respiração basal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO.....	13
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 Casca de coco seco (CCS)	14
3.2 Cama de ovinos	14
3.3 Hidrolise alcalina.....	15
3.4 Compostagem.....	15
3.5 Carbono orgânico.....	16
3.6 Biomassa microbiana (BM)	17
3.7 Atividade microbiana.....	17
4. METODOLOGIA.....	18
4.1 Área experimental	18
4.2 Pré-tratamento	18
4.3 Montagem e coleta de amostras	18
4.4 Análise de pH e condutividade elétrica (CE) em água.....	19
4.5 Carbono orgânico.....	19
4.6 Biomassa microbiana.....	19
4.7 Atividade microbiana.....	19
4.8 Análises estatísticas.....	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
5.1 Análise de pH em água	20
5.2 Condutividade elétrica (CE)	21
5.3 Carbono Orgânico.....	22
5.4 Atividade microbiana.....	23
5.5 Biomassa microbiana.....	25
6. CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a agroindústria da polpa do coco seco, gera volumes significativos de resíduos. De acordo com os últimos dados fornecidos pela Faostat (2021), a produção nacional de coco alcançou 2.447 mil toneladas na safra 2021, sendo o quinto maior produtor mundial. Para fins não agrícolas, apenas parte das cascas geradas por esta grande quantidade de frutos é aproveitada e o excedente resulta em grandes problemas ambientais. Por descascar os frutos na propriedade agrícola, são os produtores de coco seco que, em primeira instância assumem o passivo ambiental da geração das cascas decorrentes da industrialização do coco. Nos coqueirais, esse resíduo favorece a multiplicação de agentes causadores de doenças e de pragas que podem causar grandes prejuízos à própria cultura do coqueiro.

Revisando a literatura, Martins et al. (2016) indicam vinte e uma alternativas de aproveitamento dos subprodutos do coco, dos quais, para fins agrícolas refere-se apenas à sua aplicabilidade como substrato. Nesse sentido, a reciclagem de resíduos orgânicos por meio da compostagem, constitui em uma alternativa importante para viabilizar a utilização das cascas de coco no âmbito da propriedade agrícola.

Por sua vez, a possibilidade da integração da ovinocultura em áreas de produção de coco maduro viabiliza o processamento do composto na propriedade agrícola, por disponibilizar uma importante fonte de nitrogênio (N) para compostagem. Ademais, constituiria uma solução tecnológica para o uso dos resíduos com impactos positivos sobre o ambiente. Rangel, Muniz e Souza (2017) consideram que as áreas dos coqueirais nordestinos são ainda subaproveitadas com um baixo uso da terra e podem se tornar bem mais lucrativas pela integração com lavoura e pecuária. Cavalcante et al. (2004), estudando o comportamento de cordeiros em pasto nativo enriquecido com capim Buffel em coqueiral, obtiveram um maior rendimento por área com a lotação de quinze cordeiros, com bons índices de produtividade e sem causar danos ao sistema. Guimarães Filho e Soares (2003) ressaltam também benefícios na redução de custos com tratamentos culturais, decorrentes da associação de ovinos em coqueirais.

No entanto, um dos desafios para o uso das cascas de coco seco para a obtenção de compostos orgânicos é a sua lenta degradação, resultante de sua alta

relação C/N e alto teor de lignina, exigindo maior tempo de processamento. Quanto à relação C/N da casca de coco seco, Rosa et al. (2001) referem-se a valores que variaram de 74 a 186:1.

De forma a se evitar possíveis perdas de N proporcionadas pela elevação do pH resultante da hidrólise alcalina, a alternativa seria o seu emprego como pré-tratamento da casca de coco seco, anterior às incorporações dos resíduos fontes de N a serem consideradas no estabelecimento das misturas a serem compostadas.

Uma vez que o objetivo do pré-tratamento alcalino é facilitar o acesso dos microrganismos à parede celular, medidas biológicas poderão ser eficazes na indicação da evolução da degradação da CCS durante a compostagem. Assim, de forma complementar às análises químicas, a estimativa da biomassa e atividade microbianas poderão auxiliar na distinção de tratamentos mais eficientes quanto à aceleração da biodegradação desse resíduo.

2. OBJETIVO

Avaliar a aceleração da compostagem da casca de coco seco utilizada como cama de ovinos, submetida ou não à hidrólise alcalina prévia, utilizando para isso, biomassa e atividade microbianas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Casca de coco seco (CCS)

A produção de coco gera um volume significativo de resíduos, cuja falta de tratamento ou destinação adequada acaba resultando em problemas ambientais devido a sua lenta degradação (FIGUEIREDO, 2011).

A fibra de coco é formada basicamente por celulose, hemicelulose e lignina além de pectina, e outras substâncias em menor proporção (ROCHA et al., 2015). A celulose é um polímero linear, contendo unidades de glicose e apresenta algumas regiões cristalinas. A hemicelulose é um polímero ramificado, feito de vários polissacarídeos. Por sua vez, a lignina é uma mistura amorfa e heterogênea de polímeros aromáticos condensados e monômeros de fenilpropano (DUCHESE e DANIEL, 1999). As fibras das cascas de coco têm percentual menor de celulose, entretanto a quantidade de lignina é muito grande em comparação a outras fibras vegetais. Além disso, o teor de lignina nas fibras é função da idade do fruto, sendo o percentual de cerca de 20% encontrado em fibras de coco jovem e 35% no fruto maduro (CASTRO, 2011). Quando comparada com outras fibras, a fibra da casca de coco se mostra mais curta, pouco flexível e dura. Essas características são associadas principalmente à presença de lignina (FIGUEIREDO, 2011).

3.2 Cama de ovinos

A agropecuária é um dos setores do país com grande contribuição na geração de resíduos. A escolha pela criação de ovinos vem se destacando nesse setor por apresentar algumas particularidades que servem como atrativos para sua atividade, levando-se em conta sua prolificidade, fácil adaptação, menor contribuição com o desgaste do solo e menor emissão de gás metano quando comparado com os bovinos (EL AICH & WATERHOUSE, 1999).

A utilização da compostagem para o melhor aproveitamento dos resíduos gerados na produção de ovinos favorece o resultado econômico da produção e melhora a sustentabilidade de todo sistema produtivo. Esta atividade de reciclagem corresponde ao melhoramento da degradação da matéria orgânica contida nos resíduos, com ênfase na qualidade do produto final (ORRICO et al., 2007). A implementação da cama de ovinos apresenta algumas vantagens no setor de produção, levando em consideração o manejo do local, ela reduz a mão-de-obra para limpeza, evita excesso de umidade e o contato direto dos dejetos com os animais.

Durante o período de cama de criação para compostagem, é necessário o uso de materiais para auxiliar a degradação das fibras, como exemplo a cal, que serve como auxílio na hidrólise, facilitando a atuação dos microrganismos (LOPES; ORRICO; JUNIOR, 2017).

3.3 Hidrolise alcalina

Uma estratégia potencial para a degradação das fibras da casca do coco é o uso de agentes alcalinos, como a cal virgem (CaO), a cal hidratada (Ca(OH)₂) ou o NaOH (hidrólise química) os quais solubilizam parcialmente a hemicelulose, expandem a celulose, causam a ruptura das ligações de hidrogênio, facilitando o ataque dos microrganismos à parede celular (JACKSON, 1977). O tratamento com líquidos alcalinos é adequado para biomassa lignocelulósica com alto teor de lignina. Em comparação com outros métodos de pré-tratamento, o alcalino solubiliza parcial ou totalmente a lignina encontrada na biomassa, dependendo das condições do processo (MODENBACH; NOKE, 2014).

Segundo Ribeiro (2010), a parede celular vegetal tem uma função natural de proteção física contra microrganismos. Parte desses microrganismos sintetizariam enzimas hidrolíticas causando a ruptura das fibras da parede celular vegetal. Essa proteção faz parte do desenvolvimento natural da parede celular para evitar a penetração de microrganismos.

Fava et al. (2014) utilizaram a hidrólise alcalina com 1,6% de cal hidratada no tratamento da cama de ovinos a base de maravalha, e observaram que a técnica foi eficiente em reduzir os sólidos totais e hemicelulose durante a compostagem, aumentando a degradação de materiais ricos em fibra, e reduzindo o tempo do material nos pátios de compostagem. No entanto, ainda é desconhecido o efeito dessa técnica na aceleração da compostagem da casca do coco e sua influência na qualidade do composto final.

3.4 Compostagem

A compostagem é o processo de decomposição biológica da matéria orgânica sob condições controladas de aerobiose, temperatura e umidade, gerando um produto estável (DE BERTOLDI; VALLINI; PERA, 1983). O processo da compostagem resulta na quebra e estabilização da matéria orgânica, redução de massa e volume por meio da evolução de CO₂ e evaporação de H₂O e destruição de patógenos e sementes de ervas espontâneas (SZANTO, et al., 2007). A compostagem tem sido reconhecida

como uma alternativa ambientalmente sustentável para o manejo e reciclagem de resíduos orgânicos sólidos, objetivando a obtenção de produtos orgânicos de qualidade, conhecidos como compostos, usados como fertilizantes orgânicos (PAGANS et al. 2006).

Segundo Gomez (1998), o processo de compostagem apresenta benefícios importantes para o ambiente, tais como: reciclagem dos elementos com interesse agrônômico, redução do volume inicial de resíduos, degradação de substâncias tóxicas ou patógenos e conversão dos nutrientes mais disponíveis às plantas.

Os processos biológicos necessitam de alguns fatores para garantir seu sucesso, e com a compostagem não é diferente. Dentre os fatores mais importantes estão: o tamanho da partícula, umidade, pH, relação C/N e os teores de fibra (LOPES; ORRICO; JUNIOR 2017).

3.5 Carbono orgânico

Os teores de carbono total em resíduos orgânicos apresentam grande amplitude de variação. Carmo e Silva (2012) analisando amostras de compostos orgânicos, esterco, resíduos vegetais, lodos de esgoto e camas de frango e de suíno, encontraram valores na faixa de 8,5 a 51,4 % de carbono.

No âmbito do processamento de compostos orgânicos, a determinação do C orgânico, além de ser preditora do grau e da velocidade de decomposição dos resíduos a serem compostados, auxilia estudos que quantificam gases-estufa em pátios de compostagem (SÁNCHEZ-MONEDERO et al., 2010), permite o monitoramento de fatores que regulam a compostagem, como a relação C/N (JIMÉNEZ & GARCÍA, 1989), bem como avaliação do grau de humificação dos resíduos (DIAS et al., 2010).

Durante a fase ativa do processo de compostagem é esperado que o carbono orgânico (biodegradável) diminua no material devido à decomposição da matéria orgânica (MO) pelos microrganismos, pois, como serve de fonte de energia para os microrganismos, durante o processo ocorre a liberação dele como CO₂ (SILVA, 2009). Esta perda de carbono reduz o peso da pilha e diminui a relação C/N (BERNARDI, 2011).

A qualidade da fração de carbono na leira servirá como indicativo da facilidade de degradação do material, sendo que, quanto maior for a resistência para que ocorra

a degradação do substrato utilizado como fonte de C, maiores serão as perdas de N (ORRICO JUNIOR; ORRICO; LUCAS JUNIOR, 2010).

3.6 Biomassa microbiana (BM)

Jenkinson & Ladd (1981) definiu biomassa microbiana como a parte viva da matéria orgânica do solo, descartando raízes e animais maiores que $5 \times 10^{-15} \text{ m}^2$. Os microrganismos trabalham diretamente na decomposição da matéria orgânica, e é um dos responsáveis pelo ciclo biogeoquímico dos nutrientes (BALOTAS et al., 1998). A biomassa microbiana utiliza os resíduos orgânicos como fonte de nutrientes e energia para manutenção e multiplicação celular. As estimativas da biomassa microbiana são usadas em estudos de fluxo de C e N, possibilitando a associação da quantidade de nutrientes imobilizados e a atividade da biomassa microbiana com a fertilidade e o potencial de produtividade do solo (GAMA RODRIGUES, 2008).

Aquino (2005) ressalta, porém que a BM é uma medida que expressa a quantidade de microrganismos vivos presentes no substrato, mas não reflete a atividade deles, necessitando de sua determinação concomitante.

3.7 Atividade microbiana

A respiração microbiana reflete a atividade microbiológica do solo, e pode ser medida pela quantificação de CO_2 liberado resultante da atividade dos microrganismos tanto aeróbios quanto anaeróbios (GAMA-RODRIGUES, 1999). O CO_2 liberado pela respiração dos microrganismos é um dos métodos mais utilizados para avaliação da atividade metabólica da população microbiana (ZIBILSKE, 1994). Segundo Moreira e Siqueira (2006), a respiração microbiana corresponde à oxidação da matéria orgânica por organismos do solo que, portanto, utilizam o O_2 comoceptor final de elétrons, até CO_2 . Para Jenkinson e Ladd (1981), essa microbiota é a maior responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia no interior do solo, causando influência tanto na transformação da matéria orgânica, quanto na estocagem do carbono e nutrientes minerais, com consequente liberação de CO_2 para atmosfera.

Esses conceitos são também verdadeiros em estudos de compostagem. A atividade biológica em uma leira de compostagem é complexa e dependente de fatores e relações ecológicas, isto é, da relação entre as populações de microrganismos, e destas com os fatores do ambiente da leira, os quais sofrem influências também do sistema de manejo. Além disso, as transformações químicas e

físicas, que são realizadas pela atividade microbiana, são diretamente dependentes das características físico-químicas da mistura dos substratos utilizados no processo (VALENTE et al., 2009).

4. METODOLOGIA

4.1 Área experimental

Estudou-se o processo de compostagem da casca de coco seco triturada, submetida ou não ao pré-tratamento com cal hidratada e utilizada como cama de ovinos, previamente à montagem das leiras. O ensaio de compostagem foi realizado em área de produtor de coqueiro gigante, associado à Associação dos Produtores de Coco do Estado de Alagoas, PROCOCO, no município de Barra de Santo Antônio, distante 70 km da capital, Maceió.

4.2 Pré-tratamento

A montagem da cama consistiu na disposição de 660 kg de CCS (base seca) em um aprisco de 56 m², dividido em dois compartimentos. O pré-tratamento da cama de ovinos consistiu na aplicação de hidróxido de cálcio na proporção de 2% da massa seca de CCS de um dos compartimentos. O experimento foi implantado no dia 18 de março de 2019, três dias após a aplicação do hidróxido de cálcio, quando 50 animais, sendo 48 adultos e 2 filhotes, foram colocados em cada um dos dois compartimentos do aprisco para pernoitar sobre a cama de CCS tratada e não tratada.

4.3 Montagem e coleta de amostras

Após 45 dias, as camas de ovinos foram levadas para o pátio de compostagem para confecção das leiras em formato trapezoidal e dimensões de 2 m x 2 m x 1,50 m (largura x comprimento x altura). Estabeleceram-se os seguintes tratamentos, representados por uma leira, cada um: Cama de ovinos com CCS hidrolisada (P1) e Cama de ovinos com CCS não hidrolisada (P2). Alternativamente à indisponibilidade de esterco ovino como fonte nitrogenada, acrescentaram-se dois tratamentos: CCS hidrolisada + sulfato de amônio (P3) e CCS não hidrolisada + sulfato de amônio (P4). O sulfato de amônio foi aplicado em quantidade suficiente para se alcançar uma relação C/N inicial de 30/1. Leiras apenas com CCS hidrolisada (P5) e CCS não hidrolisada (P6) foram estabelecidas como testemunhas. Amostras da cama de ovino foram coletadas 25 dias após a colocação dos animais e aos 9, 26, 61, 124 e 180 dias

após a montagem das leiras. As amostras, em número de quatro, foram coletadas aleatoriamente nas camas dos ovinos e no interior das leiras.

4.4 Análise de pH e condutividade elétrica (CE) em água

Por sua influência sobre os microrganismos durante a compostagem determinou-se o pH em água e a condutividade elétrica das amostras ao longo de todo processo de compostagem. As análises foram feitas com uma relação 1:10, tendo-se utilizado 1g de amostra.

4.5 Carbono orgânico

Para a estimativa do carbono orgânico, foi utilizado o método de Yeomans & Bremner (1988) que é uma variação do método de Walkley-Black e baseia-se na redução do dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) por compostos de carbono orgânico e na subsequente determinação do $K_2Cr_2O_7$ remanescente por titulação do excesso de cromo com sulfato ferroso amoniacal (CANTARELLA; QUAGGIO; RAIJ, 2001). Por existir uma expectativa de uma quantidade elevada de carbono nas amostras, algumas modificações foram realizadas para viabilizar uma melhor leitura dos resultados obtidos. Para isso, o material pesado passou de 0,5 para 0,1 g, foram triplicadas a quantidade de $K_2Cr_2O_7$ (de 5 mL para 15 mL) e H_2SO_4 (de 7,5 mL para 22,5 mL).

4.6 Biomassa microbiana

A estimativa do teor de C ligado à biomassa microbiana (BM-C) foi feita nas amostras frescas, pelo método da fumigação-extração, descrito por De-Polli & Guerra (1999), com a relação amostra:extrator modificada de 1:2,5 para 1:10.

4.7 Atividade microbiana

Para a estimativa da atividade biológica, determinou-se a respiração basal (RB) em potes fechados, onde o CO_2 evoluído pelos microrganismos no composto, mediante sua incubação por três dias, era retido por NaOH. Uma vez que o método descrito por Alef e Nannipieri (1995) foi elaborado para estimativa da atividade microbiana em materiais de solo, e a expectativa de atividade em materiais orgânicos era de que ela seria relativamente mais elevada, algumas modificações foram realizadas. De forma a viabilizar a medida nos materiais em estudo, as soluções de NaOH e HCl foram concentradas em dez vezes (de $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ para $0,5 \text{ mol L}^{-1}$) e dobrada a concentração do $BaCl_2$ ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$ para $1,0 \text{ mol L}^{-1}$).

4.8 Análises estatísticas

Por meio de análise de regressão, foi avaliado o efeito do pré-tratamento com hidróxido de cálcio sobre a evolução das características dos compostos e resíduos, tendo-se utilizado o Software Excel, da Microsoft. As figuras foram construídas com os valores médios das variáveis.

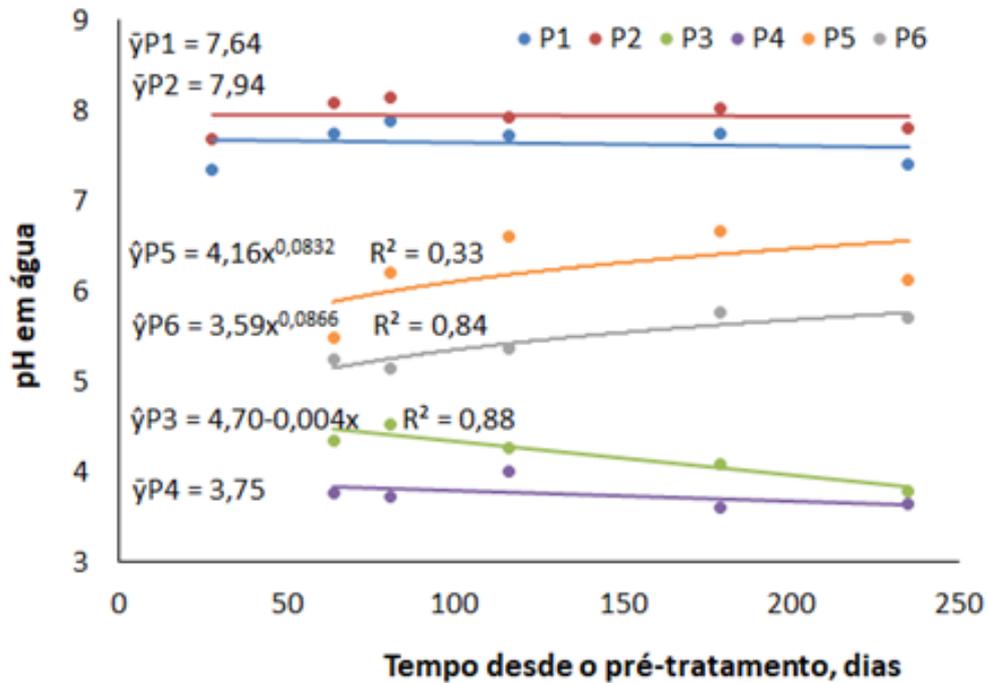
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise de pH em água

Nos tratamentos onde se utilizou a cama de ovinos (P1 e P2), o pH das leiras se manteve alcalino ao longo de todo o período de processamento dos compostos (Figura 1), não tendo sido influenciado pela aplicação do hidróxido. Após o enleiramento, aos 45 dias após o estabelecimento da cama, observou-se uma pequena elevação do pH, a qual tendeu a decrescer ao final do período avaliado. Os resultados obtidos não refletiram o comportamento esperado do pH em processos de compostagem. O comportamento frequentemente observado consiste na acidificação inicial do meio, devido a formação de ácidos solúveis os quais são convertidos a dióxido de carbono pela ação microbiana, e na posterior elevação com estabilização em valores alcalinos (AVNIMELECH et al., 1996).

Apesar de terem sido observadas poucas alterações ao longo do período avaliado, o comportamento do pH após a montagem das leiras mostrou três padrões distintos. O pH variou principalmente em função da presença dos dejetos ovinos (P1 e P2) e da colocação de sulfato de amônio (P3 e P4), enquanto as leiras contendo apenas resíduos tratados ou não (P5 e P6) se mantiveram com valores intermediários. Lima (2006) atribui o efeito acidificante resultante da adição do sulfato de amônio, à reação ácida desse fertilizante, o qual liberaria H^+ para o meio. Esse autor observou que os compostos adicionados de sulfato de amônio se mantiveram ácidos até o final do período de compostagem.

Figura 1. Valores de pH em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos ou adicionadas de sulfato de amônio, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada; P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada; P3: CCS hidrolisada + sulfato de amônio; P4: CCS não hidrolisada + sulfato de amônio; P5: CCS hidrolisada e, P6: CCS não hidrolisada.

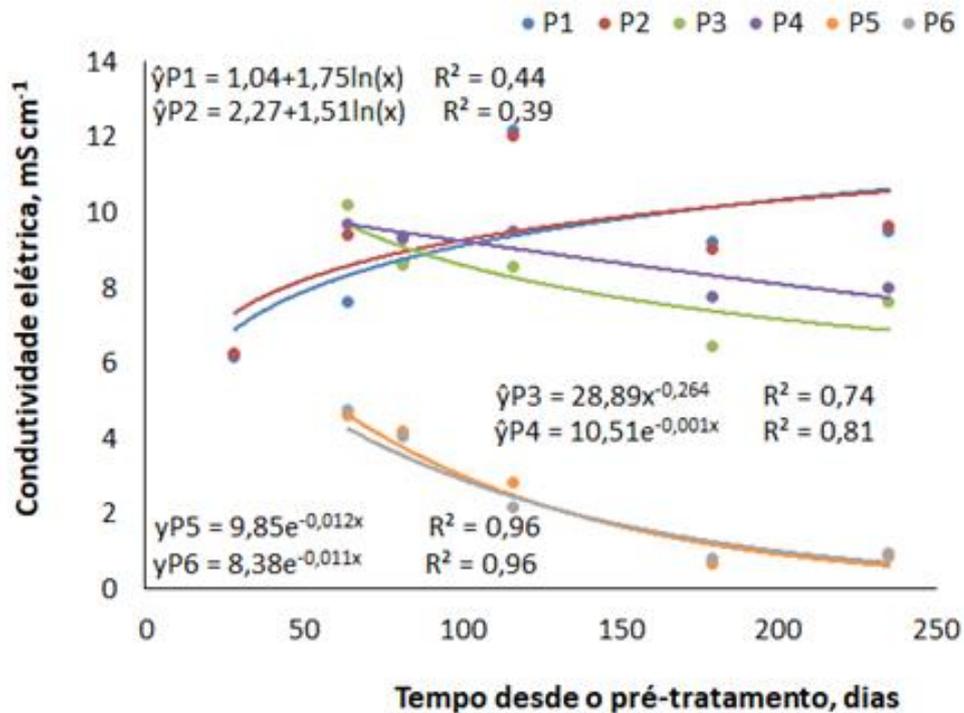


5.2 Condutividade elétrica (CE)

Apenas nos tratamentos oriundos de cama de ovinos (P1 e P2), a condutividade elétrica aumentou ao longo do período de compostagem, não tendo sido afetada pela aplicação do hidróxido (Figura 2). De acordo com Paredes et al. (2001), a produção de compostos inorgânicos como resultado da degradação da matéria orgânica e o aumento da concentração relativa de íons devido à perda de massa da pilha, acarreta o aumento da CE.

A CE variou em função da presença dos dejetos ovinos (6,16 a 9,48 mS cm⁻¹) nas leiras P1 e P2) e da adição de sulfato de amônio (10,21 a 7,59 mS cm⁻¹ nas leiras P3 e P4). Nos resíduos tratados ou não (P5 e P6), observaram-se os menores valores de condutividade elétrica (de 4,74 a 0,84 mS cm⁻¹, ao final do período de estudo) cuja drástica diminuição reflete a lavagem dos eletrólitos pela chuva.

Figura 2. Condutividade elétrica (CE) em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos ou adicionadas de sulfato de amônio, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada; P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada; P3: CCS hidrolisada + sulfato de amônio; P4: CCS não hidrolisada + sulfato de amônio; P5: CCS hidrolisada e, P6: CCS não hidrolisada.

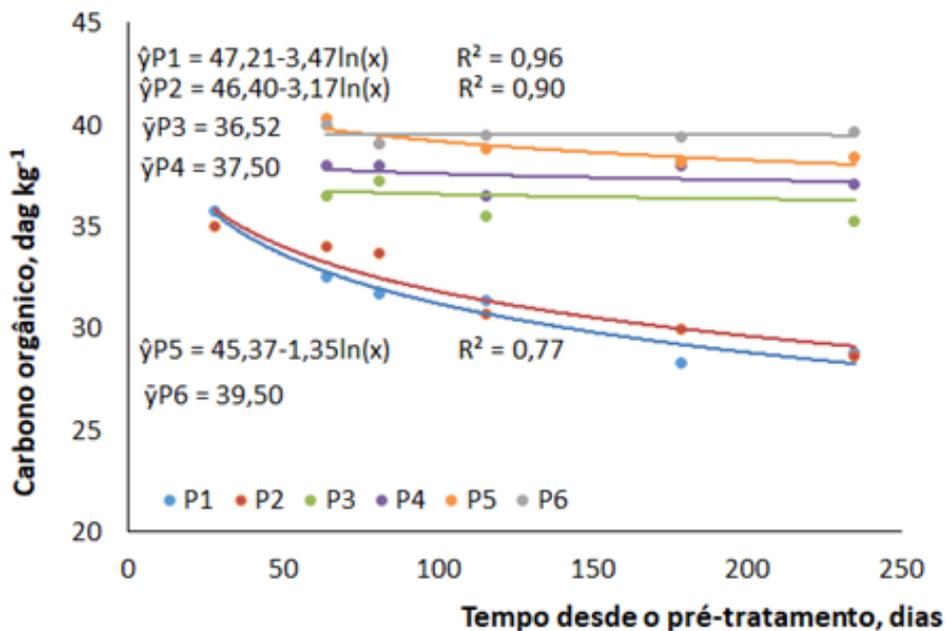


5.3 Carbono Orgânico

Ao longo da compostagem o esperado é que os teores de carbono decresçam em função da atividade dos microrganismos e da degradação do material. Durante o período estudado, nos tratamentos oriundos de cama de ovinos (P1 e P2) os teores de C variaram entre 35,77 e 28,65 dag kg⁻¹ e decresceram como esperado (19,61 e 18,10 %, respectivamente), parecendo ter sido pouco influenciado pela aplicação do hidróxido (Figura 3). No entanto, o efeito observado, os distingue dos demais tratamentos, possivelmente, por efeito da fase em que a CCS foi utilizada como cama de ovinos (pisoteio e dejetos dos animais). Atribui-se o decréscimo da concentração de C durante o período de compostagem à mineralização da matéria orgânica, a qual resulta em evolução de CO₂ e calor (SAID-PULLICINO; ERRIQUENS; GIGLIOTI, 2007).

Os teores de C nas leiras adicionadas de sulfato de amônio (P3 e P4) e nas testemunhas (P5 e P6), variaram entre 40,26 e 36,52 dag kg⁻¹, apresentando pouca alteração ao longo do período avaliado. Mesmo assim, os teores de C nas leiras que receberam a aplicação do hidróxido (P3 e P5) diminuíram, respectivamente, 3,24 e 4,62 %, enquanto seus pares não tratados (P4 e P6) a redução foi menor (2,25 e 0,77%, respectivamente). Destes tratamentos, apenas os dados do decaimento dos teores de C obtidos na leira P5 (CCS hidrolisada) apresentaram ajuste a um modelo de regressão (Figura 3).

Figura 3. Carbono orgânico em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos ou adicionadas de sulfato de amônio, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada; P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada; P3: CCS hidrolisada + sulfato de amônio; P4: CCS não hidrolisada + sulfato de amônio; P5: CCS hidrolisada e, P6: CCS não hidrolisada.

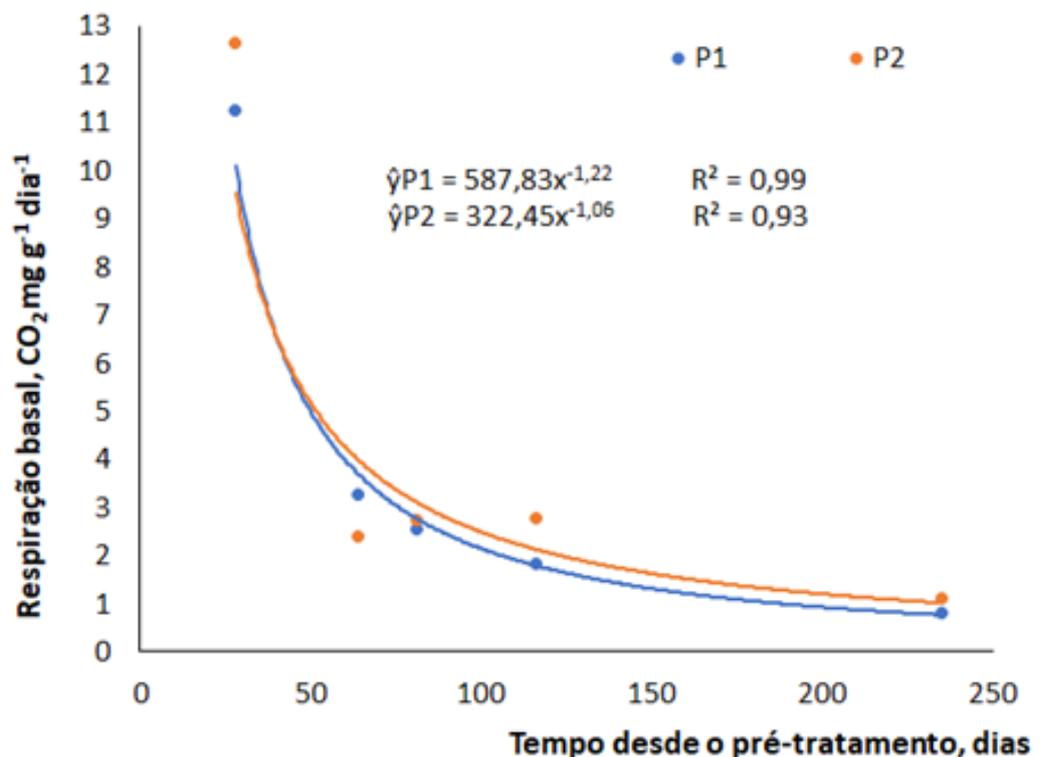


5.4 Atividade microbiana

A respiração basal nos tratamentos P1 e P2 foi semelhante, ressaltando, no entanto, a maior atividade da microbiota durante a fase da CCS como cama de ovinos (Figura 4). Este comportamento pode ser atribuído à presença dos dejetos frescos e facilmente degradáveis que estimulam a comunidade microbiana (GOMEZ – BRANDON et al., 2008).

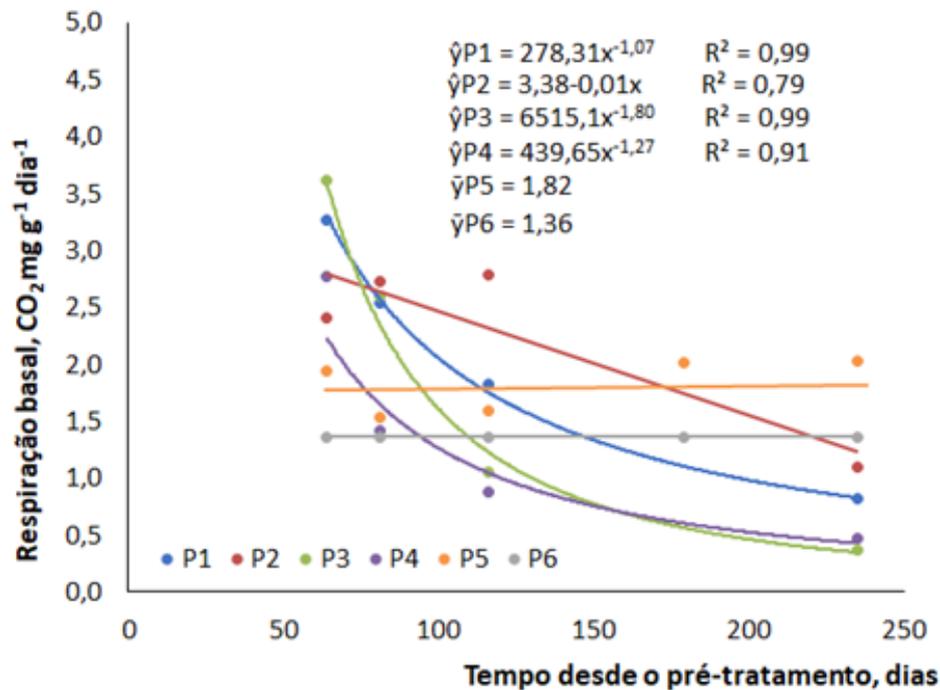
Na fase pós enleiramento (aos 45 dias desde o pré-tratamento) observou-se o rápido decaimento dos valores da respiração basal. Possivelmente, este comportamento se deve à rápida exaustão dos compostos mais lábeis e a permanência dos mais recalcitrantes, o que diminuiria a atividade microbiana e reduziria a taxa de mineralização (ROS; GARCIA; HERNANDEZ, 2006).

Figura 4. Respiração basal em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada e P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada.



Durante a fase pós enleiramento, o comportamento da respiração basal mostrou dois padrões distintos. Exceto pelas leiras contendo apenas resíduos tratados ou não (P5 e P6), a respiração basal nas demais leiras mostrou decaimento ao longo do processamento do composto (Figura 5).

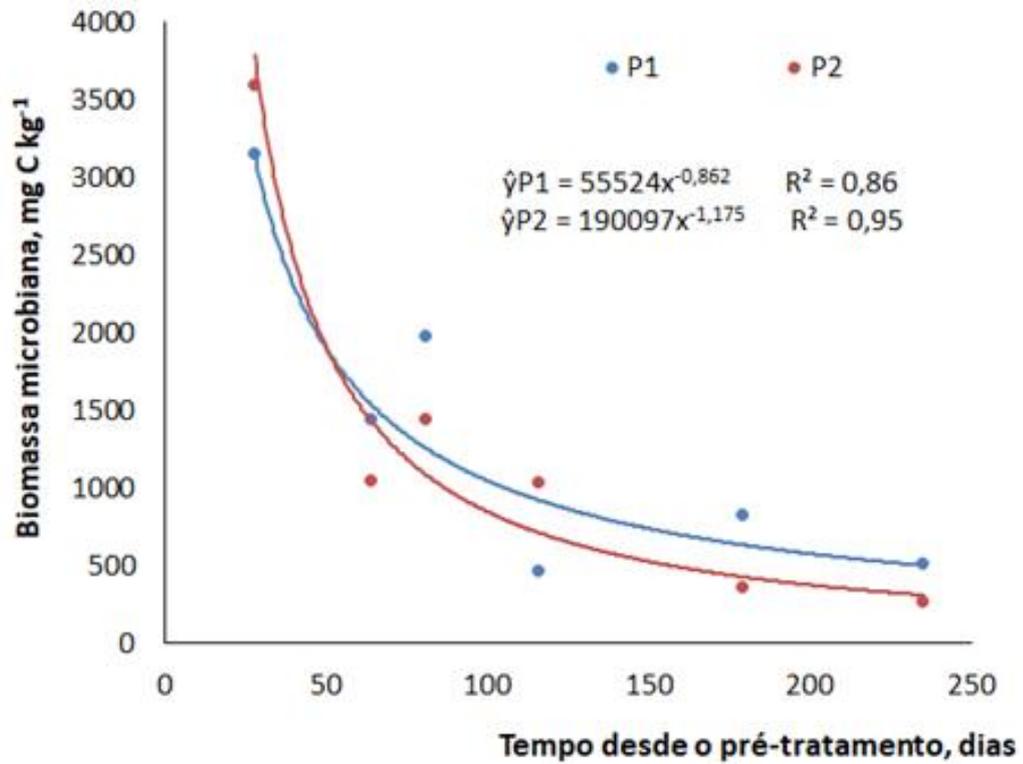
Figura 5. Respiração basal em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos ou adicionadas de sulfato de amônio, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada; P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada; P3: CCS hidrolisada + sulfato de amônio; P4: CCS não hidrolisada + sulfato de amônio; P5: CCS hidrolisada e, P6: CCS não hidrolisada.



5.5 Biomassa microbiana

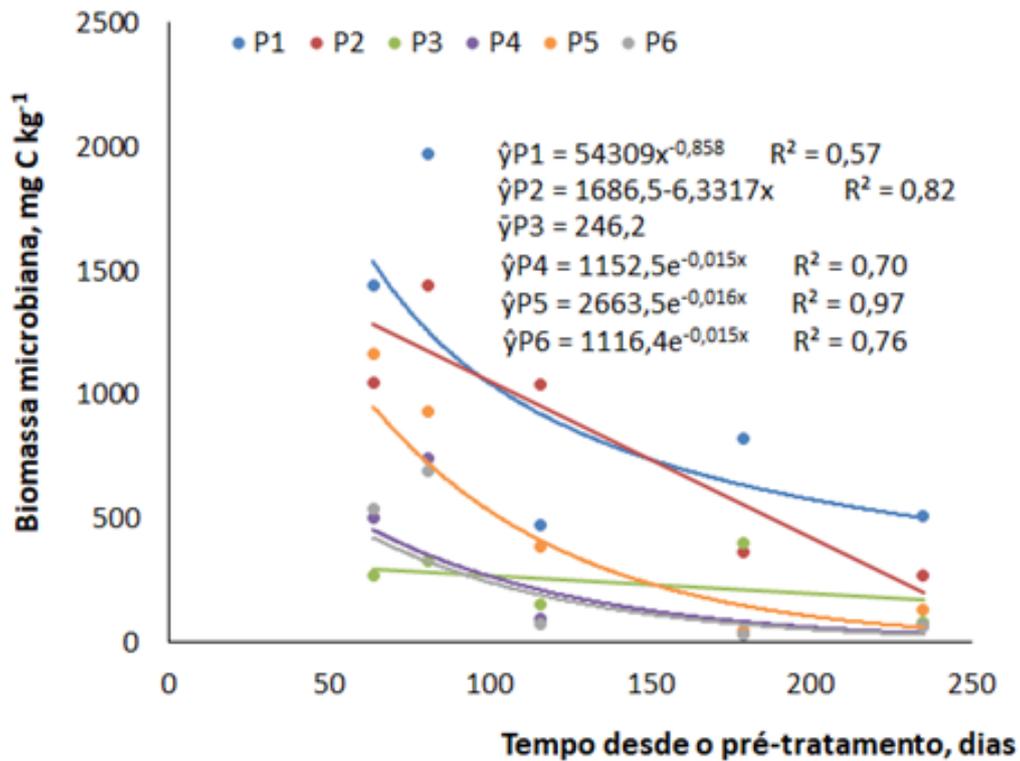
Embora não de forma tão distinta quanto a respiração basal, observou-se que a biomassa microbiana foi mais elevada durante o período da CCS como cama de ovinos, do que durante a fase enleirada (Figura 6). A BM-C variou entre 3149,59 e 511,09 mg/kg na leira P1, e variou de 3594,18 a 272,40 mg/kg na leira P2, ambos apresentaram bom ajuste a um modelo de regressão potência.

Figura 6. Biomassa microbiana em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos ou adicionadas de sulfato de amônio, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada; e P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada.



Observando o comportamento da BM-C na fase de enleiramento dos compostos e resíduos, os menores valores foram encontrados nas leiras que receberam a adição de sulfato de amônio (P3 e P4), os quais variaram entre 502,93 e 68,47 mg/kg (Figura 7).

Figura 7. Biomassa microbiana em compostos orgânicos de cascas de coco seco (CCS), hidrolisadas ou não, como cama de ovinos ou adicionadas de sulfato de amônio, coletadas ao longo do processo de compostagem. Barra de Santo Antônio, AL (médias de quatro repetições). P1: Cama de ovinos com CCS hidrolisada; P2: Cama de ovinos com CCS não hidrolisada; P3: CCS hidrolisada + sulfato de amônio; P4: CCS não hidrolisada + sulfato de amônio; P5: CCS hidrolisada e, P6: CCS não hidrolisada.



6. CONCLUSÕES

O uso dos indicadores biomassa e atividade microbianas ressaltou a existência de diferenças entre os tratamentos testados para acelerar a compostagem da casca de coco seco, com destaque para a estratégia de uso da CCS como cama de ovinos.

REFERÊNCIAS

- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995.
- AQUINO, A. M. **Biomassa microbiana, colóides orgânicos e nitrogênio inorgânico durante a vermicompostagem de diferentes substratos**. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.40, n.11, p.1087-1093, 2005.
- AVNIMELECH, Y., BRUNER, M., EZRONY, I., SELA, R., KOCHBA, M. Stability indexes for municipal solid waste compost. **Compost Science and Utilization**, v.4, p.13–20, 1996.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.641–650, 1998.
- BERNARDI, Francieli Helena. **Uso do processo de compostagem no aproveitamento de resíduos de incubatório e outros de origem agroindustrial**. 2011. 78f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Centro De Ciências Exatas E Tecnológicas da Universidade Estadual Do Oeste Do Paraná. Cascavel, 2011.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van. Determinação da matéria orgânica. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. **Análise química pra avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, IAC, 2001. p.173-180.
- CARMO, D. L.; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. 2012.
- CASTRO, C. D. P. D. C. **Avaliação da fibra de coco verde como material de acolchoamento em sistemas de embalagens para mamão e manga**. Tese Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2011.
- CAVALCANTE, A. C. R.; NEIVA, J. N. M.; DANIELLI, L. A.; BOMFIM, M. A. D.; LEITE, E. R. **Desempenho de cordeiros em área de coqueiral (Cocus nucifera) no Nordeste Brasileiro**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. A produção animal e segurança alimentar: anais. Campo Grande: SBZ, 2004. p. 1-4.
- DE BERTOLDI, M; VALLINI, G.; PERA, A. The biology of composting: a review. **Waste Management and Resource**, vol. 1, n. 2, p. 157-176, 1983.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.389-411.
- DIAS, B.O.; SILVA, C.A.; HIGASHIKAWA, F.S.; ROIG, A. & SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification. **Biores. Technol.**, 101:1239-1246, 2010.

DUCHESE, I.; DANIEL, G. Wood ultrastructure of wood fibre surfaces as shown by a variety of microscopical methods—a review. **Nordic Pulp Paper Res J.**, v.14, n.2, p.129–38, 1999.

EL AICH, A.; WATERHOUSE, A. **Small ruminants in environmental conservation. Small Ruminant Research**, v.34, n.2, p.271-87, 1999.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) **Crops and livestock products**. 2021.

FAVA, A. F.; ORRICO, A. C. A.; PREVIDELLI, M. A.; JUNIOR, O.; SIMM, S.; DE CASTRO, A. N. Efeito da hidrólise alcalina sobre o processo de compostagem da cama de ovinos. **ENEPEX**, 2014.

FIGUEIREDO, Aneliése Lunguinho. **Pirólise termoquímica de pós da fibra de coco seco em um reator de cilindro rotativo para produção de bio-óleo**. 2011. 127 f. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento em Ciência e Engenharia de Petróleo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

GAMA-RODRIGUES, E. F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. p. 227-243. Porto Alegre: Gênese, 1999.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. **Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes**. In: Santos GA, Silva LS, Canellas LP, Camargo FAO. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole. p.159-170, 2008.

GOMEZ – BRANDON, M.; LAZCANO, C.; DOMINGUEZ, J. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. **Chemosphere**, v. 70, p. 436 – 444, 2008.

GOMEZ, A. The evaluation of compost quality. **Trends in analytical chemistry**, v. 17, p. 310-314, 1998.

GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J. G. G. **Fruti-ovinocultura: limitações e possibilidades de consorciar ovinos com fruteiras**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 2.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AGRONEGÓCIO DA CAPRINOCULTURA LEITEIRA, 1., 2003, João Pessoa. Anais... João Pessoa: EMEPA-PB, 2003.

JACKSON, M.G. Review article: the alkali treatment of straws. **Animal Feed Science and Technology**, v.2, n.2, p.105-130, 1977.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. (1981): Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. **Soil biochemistry**. v. 5, p. 415-471. New York: Marcel Dekker, 1981.

JIMÉNEZ, E.I. & GARCÍA, P. Evaluation of city refuse compost maturity: A review. **Biol. Wastes**, 27:115-142, 1989.

LIMA, C.C.de. **Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 167p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

LOPES, W. R. T.; ORRICO, A. C. A.; JUNIOR, M. A. P. O.; SUNADA, N. DA S.; MANARELLI, D. M.; FAVA, A. F. Efeito Da hidrólise Alcalina Sobre a Compostagem Da Cama Obtida Durante a terminação De Ovinos. **Agrarian**, 2017, 10, 70-75.

MARTINS, A. P.; SILVA, P. L. R.; WATANABE, T.; BORELLI, C. MARCICANO, J. P. P.; SANCHES, R. A. **O Problema do Pós-consumo do Coco no Brasil: Alternativas e Sustentabilidade**. Sustentabilidade em Debate - Brasília, v. 7, p. 44-57, 2016.

MODENBACH, AA.; NOKE, S. E. Effects of sodium hydroxide pretreatment on structural components of biomass. **Trans ASABE**: 1187–1198. <https://doi.org/10.13031/trans.57.10046>. 2014.

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

ORRICO JÚNIOR, Marco A. P.; ORRICO, Ana A.; LUCAS JÚNIOR, Jorge. Compostagem dos Resíduos da Produção Avícola: Cama de Frangos e Carcaças de Aves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. v. 30, n. 3, p. 538-545, jun. 2010.

ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J.; ORRICO JUNIOR, M. A. P. **Alterações físicas e microbiológicas durante a compostagem dos dejetos de cabras**. Engenharia Agrícola, v. 27, n.3, p.764-772, 2007.

PAGANS, E.; BARRENA, R.; FONT, X. & SA´NCHEZ, A. Ammonia emissions from the composting of different organic wastes: dependency on process temperature. **Chemosphere**, v.62, p.1534-1542, 2006.

PAREDES, C.; BERNAL, M.P.; ROIG, A.; CEGARRA; J. Effects of olive mill wastewater addition in composting of agroindustrial and urban wastes. **Biodegradation**, v.12, p.225–234, 2001.

RANGEL, J. D. A., Muniz, E. N., & de SOUZA, S. F. **Integração lavoura, pecuária, floresta: o coqueiro como parte do sistema**. In Embrapa Tabuleiros Costeiros Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO SUSTENTÁVEL PARA A CULTURA DO COQUEIRO, 2017, Aracaju. Resultados de pesquisas e estudos de casos: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 168 p. Editores técnicos, Fernando Luis Dultra Cintra, Humberto Rollemberg Fontes.

RIBEIRO, J. A. B. **Hidrólise de resíduos lignocelulósicos utilizando extrato enzimático celulolítico produzido por Trichoderma reesci ATCC 2768**. 92 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN. 2010.

- ROCHA, A. M., SILVA, M. S., FERNANDES, F. M., SOARES, P. M., KONISHI, F. **Aproveitamento de fibra de coco para fins energéticos: revisão e perspectivas.** 10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural – AGRENERGD2. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.
- ROS, M.; GARCÍA, C.; HERNANDEZ, T. A full-scale study of treatment of pig slurry by composting: Kinetic changes in chemical and microbial properties. **Waste Management** v. 26, p. 1108 – 1118, 2006.
- ROSA, M. de F.; ABREU, F. A. P. DE; FURTADO, A. A. L.; BRÍGIDO, A. K. L.; NORÕES, E. R. de V. **Processo agroindustrial: obtenção de pó de casca de coco verde.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 3p. (Comunicado Técnico, 61).
- SAID-PULLICINO, D.; ERRIQUENS, F.G.; GIGLIOTI, G. Changes in the chemical characteristics of water-extractable organic matter during composting and their influence on compost stability and maturity. **Bioresource Technology**, v.98, p.1822–1831, 2007.
- SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A.; SERRAMIÁ, N.; CIVANTOS, C.G.O.; FERNÁNDEZHERNÁNDEZ, A. & ROIG, A. Greenhouse gas emissions during composting of twophase olive Mill wastes with different agroindustrial by-products. **Chemosphere**, 81:18-25, 2010.
- SILVA, R. **Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos.** Quim. Nova, Vol. 32, No. 3, 661-671, 2009. Maringá - PR, Brasil. publicado na web em 02 de abril de 2009.
- SZANTO, G.L.; HAMELERS, H.V.M.; RULKENS, W.H. & VEEKEN, A.H.M. NH₃, N₂O and CH₄ emissions during passively aerated composting of straw-rich pig manure. **Bioresource Technology**, 98: 2659-2670. 2007.
- VALENTE, B. S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S.; BRUM Jr, B.S.; CABRERA, B.R.; MORAES, P.O.; LOPES, D.C.N. **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos.** Arquivos de Zootecnia, v.69, p. 1-3, 2009.
- YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. **A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil.** Commun. In Soil Sci. Plant. Anal., v.19, p.14-671476, 1988.
- ZIBILSKÉ, L. M. Carbon mineralization. In: WEAVER, R. W.; SCOTT, A.; BOTTOMLEY, P. J. (Ed.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties.** Madison: **Soil Science Society of America**. p. 10-35. (Special Publication 5). 1994.