

COMPOSTAGEM

Estratégias para transformar resíduos em fertilizantes



GOVERNO DE
SANTA CATARINA
SECRETARIA DE ESTADO DA
AGRICULTURA, DA PESCA E
DO DESENVOLVIMENTO RURAL



Governador do Estado
Carlos Moisés da Silva

Secretário de Estado da Agricultura, da Pesca
e do Desenvolvimento Rural
Altair Silva

Presidente da Epagri
Edilene Steinwandter

Diretores

Célio Haverroth
Desenvolvimento Institucional

Giovani Canola Teixeira
Administração e Finanças

Humberto Bicca Neto
Extensão Rural e Pesqueira

Vagner Miranda Portes
Ciência, Tecnologia e Inovação



SUMÁRIO

1 Compostagem	4
2 Tipos de compostagem	4
2.1 Leira estática.....	4
2.2 Leira estática com ar forçado.....	6
2.3 Leira com revolvimento automatizado	8
3 Como calcular as misturas	11
4 Manejo da compostagem	12
5 Local da compostagem	15
6 Qual sistema adotar?	16
7 Quando o composto está pronto	17
8 Como usar o composto	17



1 Compostagem

Conceito

Processo controlado e acelerado de decomposição microbiana dos resíduos orgânicos, com marcante fase termofílica, cujo produto final é um material estabilizado e humificado, completamente diferente do material de origem, denominado 'composto'.

Objetivos

- Produzir um fertilizante orgânico de elevada qualidade para nutrir as plantas e melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo;
- Transformar corretamente resíduos orgânicos com diferentes potenciais poluentes em um material seguro, evitando a contaminação ambiental e promovendo a reciclagem de nutrientes em adubo;
- Reduzir o volume de resíduos destinados aos aterros sanitários, promovendo o aumento da vida útil dos aterros;
- Valorizar os resíduos sólidos orgânicos;
- Promover sistemas de produção de alimentos orgânicos por meio da oferta e disponibilização de fertilizantes orgânicos.

2 Tipos de compostagem

2.1 Leira estática

Descrição

Modo tradicional mais utilizado de compostagem a o longo dos a nos, com pilhas de resíduos vegetais e animais, incluindo restos de alimentos.

Como se faz

Nesse modelo são intercaladas camadas de palha de alta relação C/N, variando entre 5 e 10 camadas na maioria dos casos (resíduos culturais, de manutenção de jardins, de agroindústrias de processamento vegetal, capineiras, serragens, entre outras), com camadas de materiais de baixa relação C/N, variando entre 4 a 8 camadas (estercos, resíduos de abates de animais, grãos residuais de soja, de mamona, entre outros) (Figura 1). É possível misturar resíduos de alimentos no interior da compostagem considerando a sua relação C/N de acordo com o cálculo descrito no item 3, na página (11) desta publicação.

Dimensão

A pilha deve ter uma dimensão próxima a 1,5 a 2,0m de altura, 2,0 a 3,0m de largura e comprimento indefinido, porém no mínimo de 3,0m (Figura 1).



Figura 1. Leiras de compostagens estáticas formadas por camadas de resíduos vegetais e esterco de aves

Revolvimento

Em geral, uma pilha de compostagem é revolvida a cada 15 dias, mas o momento exato do revolvimento vai depender da temperatura do composto.

Exemplo de aplicação da técnica

Local: Joinville, SC.

Ano da observação: 2019

Material compostado: A - bagaço de cana (Relação C/N de 55/1); B - esterco bovino (Relação C/N de 8/1).

Proporções utilizadas (volume/volume): 12 a 15 / 1 dos materiais A/B

Revolvimento da pilha: a cada 20 a 30 dias

Tempo necessário para a finalização do processo: 90 dias

2.2 Leira estática com ar forçado

Descrição

O sistema de leira estática com ar forçado segue as mesmas recomendações do sistema de leira estática (vide item 2.1), diferenciando apenas no manejo da aeração.

Como fazer o manejo com ar forçado

O sistema de aeração forçada deve ser dimensionado de acordo com as instalações e o volume de material a ser compostado. É importante prever um sistema que permita o uso de máquinas, com os canos de aeração instalados abaixo do nível do piso, dentro de canaletas (Figura 2 A e B). Outros métodos mais simplificados, com compressores acoplados a canos perfurados, também podem ser empregados para menores volumes (Figura 2 C e D).



Figura 2. Sistemas de aeração de compostagem com uso de canaletas com canos inseridos no piso (A e B) e com compressor radial acoplado a canos perfurados inseridos sob a pilha de compostagem (C e D)

Dimensionamento do ar forçado

Há diversas publicações sobre dimensionamento de ar forçado, variando entre 2 a 20m³ h⁻¹ por tonelada de pilha da compostagem, ou até mesmo com maiores discrepâncias, dependendo do material a ser compostado. Experiências realizadas pela Epagri (Figura 3) mostraram que no primeiro mês de compostagem, o regime de 3m³ h⁻¹ de ar por tonelada, com 50% do tempo ligado (a cada 30 minutos), foi eficiente na melhoria do processo. No segundo mês, o emprego do ar em apenas 25% do tempo (15 minutos ligado e 45 desligado) foi eficiente. Após 60 dias do início da montagem das leiras, não é necessário o emprego de ar forçado. Todavia, é necessário testar o dimensionamento de acordo com cada caso, buscando obter a melhor eficiência, a exemplo do caso acompanhado pela Epagri ilustrado na Figura 3 C e D. É necessário fazer um revolvimento mensal, nos casos da Figura 3, com o auxílio de tratores.



Figura 3. Sistemas de aeração de compostagem com uso de ar forçado, em uma pilha de materiais constituídos por capim e esterco bovino (A e B), e outra com esterco de aves de postura misturado a serragem (C e D). Seta vermelha indica o local da entrada do cano para a aeração da pilha de compostagem

Exemplo de aplicação da técnica

Local: Blumenau, SC.

Ano da observação: 2021

Material compostado: A - capim elefante (Relação C/N de 40/1), B - esterco bovino (Relação C/N de 8/1).

Proporções utilizadas (volume/volume): 12 a 15 / 1 dos materiais A/B

Revolvimento da pilha: mensal

Volume de ar: 3m³ h⁻¹ de ar por tonelada

Tempo necessário para a finalização do processo: 90 dias

2.3 Leira com revolvimento automatizado

Descrição

O sistema de leira com revolvimento automatizado segue as mesmas recomendações do sistema de leira estática (vide item 2.1), diferenciando apenas no manejo de aeração/revolvimento. Esse sistema permite sobretudo a compostagem de resíduos mais úmidos e pastosos, com maior potencial de contaminação, menor risco aos operadores, além de facilitar a incorporação gradual e constante de materiais na compostagem. O método com leira estática também permite a incorporação gradual, mas no caso do sistema com revolvimento automatizado esse manejo é mais facilitado: basta adicionar o resíduo sobre a leira, que a máquina realiza a incorporação no material no interior da mesma.

Dimensionamento do sistema de revolvimento automatizado

O sistema de revolvimento automatizado deve ser dimensionado de acordo com as instalações e volume de material a ser compostado. É importante prever um sistema que permita o manejo de máquinas e caminhões dentro das baias de compostagem (Figura 4 A e B). O sistema permite também o emprego com baias mais estreitas e curtas, que podem ser utilizadas para menores volumes de materiais a serem compostados (Figura 4 C e D).



Figura 4. Instalações de sistema automatizado de compostagem com capacidade de locomoção de máquinas e caminhões (A e B) e de menor dimensionamento com possibilidade de manejos de alocação e retirada de materiais com microtratores e carrinhos de mão (C e D)

Como manejar revolvimento automatizado

O revolvimento automatizado requer apenas um operador capacitado para o acionamento da máquina. A frequência de revolvimento será de acordo com o tempo de compostagem e as características do material. Materiais mais úmidos e pastosos requerem até três revolvimentos por semana, sendo reduzido com o desenvolver da compostagem (Figura 5 A e B). Para materiais mais secos e fibrosos, os revolvimentos podem ser de uma vez ou menos por semana no início, reduzindo a frequência com o desenvolvimento da compostagem (Figura 5 C e D). Nesse sistema, a partir dos três meses, o composto já pode estar estabilizado, dependendo do material de origem.



Figura 5. Sistema de compostagem automatizada de resíduos do abate e criação de suínos (A e B); de resíduos de poda de jardins misturado a grãos residuais de soja (C e D)

Exemplo de aplicação da técnica

Local: Luiz Alves, SC.

Ano da observação: 2018

Material compostado: A - resíduo da indústria do palmito (Relação C/N de 60/1), B - grãos de soja residual.

Proporções utilizadas: 10 a 12 / 1 dos materiais A/B.

Revolvimento da pilha: duas vezes por semana no primeiro mês; uma vez por semana no segundo mês; uma vez a cada duas semanas no terceiro mês.

Tempo necessário para a finalização do processo: 90 dias

3 Como calcular as misturas

Para fazer uma mistura adequada dos materiais (Figura 6), buscando uma relação C/N inicial de 30/1, deve-se proceder o seguinte cálculo:

$$\frac{\text{PMRC}}{\text{PMRN}} = \frac{(30 * \%Nn) - \%Cn}{\%Cc - (30 * \%Nc)}$$

Onde:

- PMRC (kg) – parte do material rico em carbono (C) (palhas, folhas, resíduos de alimentos vegetais, gramas, casca de palmeiras, resíduos de poda...);

- PMRN (kg) – parte do material rico em nitrogênio (N) (esterços diversos, resíduos de abates de animais e de peixes, grãos residuais de soja, de mamona, folhas verdes de leguminosas como flemingea, crotalária, feijão-de-porco, entre outras).

- Nn – teor de N do material rico em N;

- Cn – teor de C do material rico em N;

- Nc – teor de N do material rico em C;

- Cc – teor de C do material rico em C.

* É importante destacar que os teores de N e C são determinados na matéria seca e, sendo assim, é preciso fazer o cálculo considerando a umidade dos materiais. Ou seja, deve-se fazer o cálculo da proporção com base na matéria seca dos materiais e depois corrigir com a sua umidade.

* É sugerido, após os cálculos considerando a umidade das proporções dos materiais em ‘peso’, transformá-las em volume buscando facilitar a montagem das pilhas, por exemplo: 15m³ de palha / 1m³ de esterco bovino.



Figura 6. Leira de compostagem misturando camadas de resíduos da indústria do palmito (C/N 50), com camadas de cama de aves (C/N 6), na proporção ideal por meio de cálculo, para atingir uma relação C/N inicial de 30

4 Manejo da compostagem

Para o manejo da pilha de compostagem, depois de instalada, deve-se monitorar a temperatura, a umidade e a aeração.

Temperatura

A temperatura da compostagem é um indicador para verificar se a mistura dos materiais e o manejo da umidade e aeração estão adequados. O esperado de uma compostagem é que logo no início se atinja temperaturas próximas a 60 e 70°C, que vai declinando lentamente com o passar do tempo, conforme a Figura 7. Caso haja alterações nesse padrão de temperatura, deve-se rever a mistura realizada, as aerações e a umidade das pilhas de compostagem.

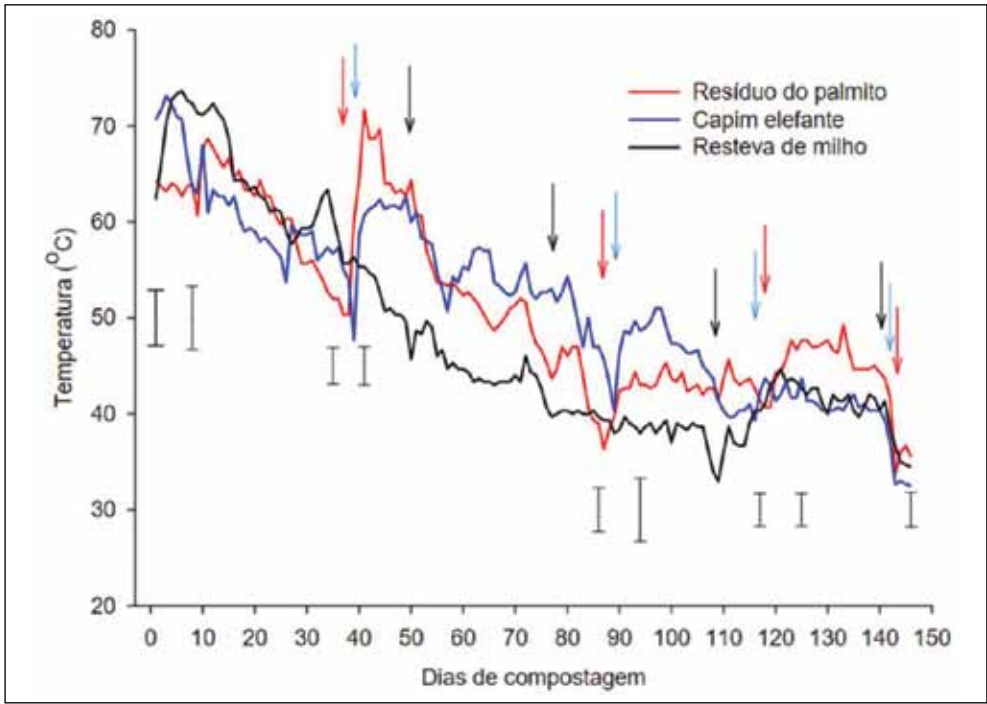


Figura 7. Dinâmica da temperatura de três leiras de compostagem formadas por esterco de aves com resíduos de palmito, capim-elefante e resteva de milho. Setas indicam o momento de revolvimento manual das pilhas

A temperatura das leiras de compostagem pode ser monitorada por meio de termômetros convencionais (Figura 8A) ou por equipamentos de leituras automáticas com maior precisão e capacidade de armazenamento de dados (Figura 8B).



Figura 8. Monitoramento da temperatura nas pilhas de compostagem com termômetro convencional (A) e por datalogger (B)

Umidade

A umidade é um fator determinante para o pleno desenvolvimento da compostagem. A umidade ideal da pilha é em torno de 50%, que pode ser aferida com equipamentos, secagem em estufa ou pelo método mais prático (contudo, menos preciso) conforme demonstrado na Figura 9. Outro indicador de possíveis inconformidades da umidade é a temperatura, sendo que se no início da compostagem ela declinar rapidamente, pode ser um indicativo de excesso ou falta de água. Neste caso, a umidade deve ser aferida e, se houver inconformidade, ela deve ser corrigida com a adição de água ou, em caso de excesso, revolvimentos para secagem do material. A correção da umidade deve ser com adição de água bem distribuída sobre a pilha, até o momento de iniciar a ocorrência de chorumes (Figura 9).

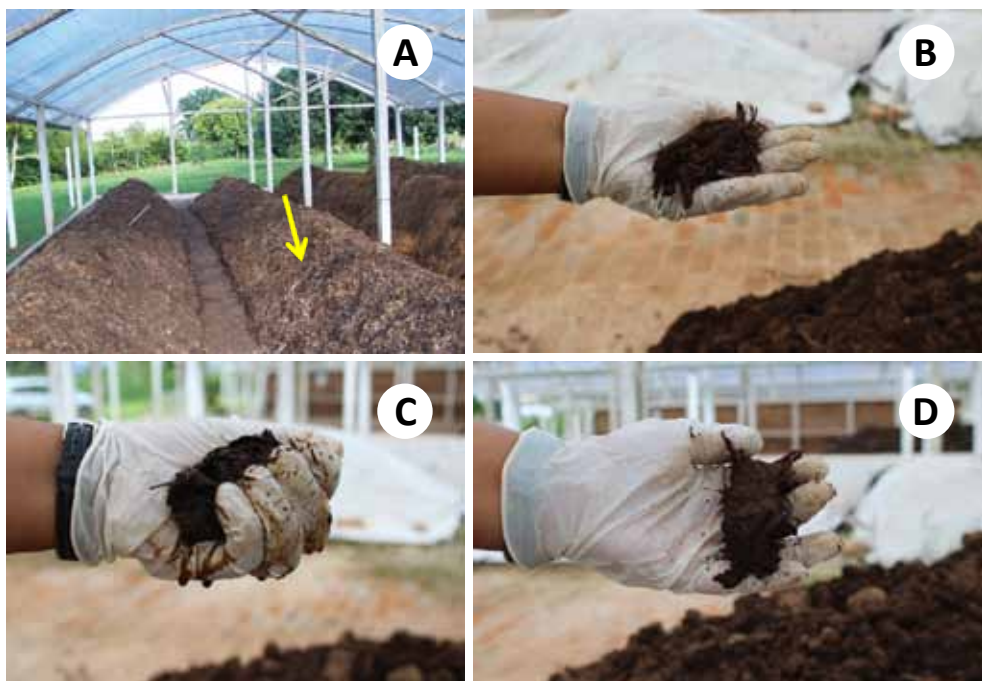


Figura 9. A - local de coleta da amostra na pilha de compostagem para monitoramento da umidade; B – amostra demonstrando falta de umidade as ser pressionada na mão; C – amostra com excesso de umidade; D – amostra com umidade ideal, formando um agregado firme e úmido sem gerar chorume

Aeração

A aeração é determinante para a atividade microbiana decompositora dos resíduos orgânicos. Com a aeração adequada há uma rápida elevação da temperatura, gerando calor, CO_2 e vapor d'água. Neste caso, ocorre uma rápida decomposição do material sem geração de mau cheiro e chorume. Se a pilha não for aerada adequadamente, ocorrerá a redução da temperatura e a produção de gases de mau cheiro, pela atividade microbiana anaeróbica, além de chorumes e elevada presença de moscas. No caso da leira estática, a aeração se faz por meio de revolvimento da pilha (Figura 10) a cada 20 a 30 dias, ou quando a temperatura declinar abaixo de 40°C nos dois primeiros meses. Todavia, a experiência com o material trabalhado é o que vai determinar a melhor frequência de revolvimentos, tomando como base a temperatura e, se possível, o teor de oxigênio.



Figura 10. Revolvimento manual da pilha de compostagem e correção da umidade

5 Local da compostagem

A compostagem deve ser realizada em um local coberto com piso impermeabilizado e com sistema de coleta de eventuais chorumes (Figura 11). A cobertura é fundamental para o controle da umidade e aeração da pilha. O piso é indispensável para evitar contaminação do solo e das águas. É importante destacar que a instalação deve prever espaço e altura para manobras de máquinas, se for o caso de uso desses equipamentos.

Se houver a geração eventual de chorume, seja ele ocasionado pela umidade inicial do material no momento da sua correção com adição de água, seja por uma chuva incidente diretamente na leira, esse chorume deve ser coletado e preferencialmente recolocado no composto. O chorume também pode ser aplicado em jardins, gramados e áreas de recuperação ambiental, como exemplo.



Figura 11. Local de compostagem com cobertura, piso impermeabilizado e local para coleta de chorumes nas extremidades da instalação (indicado com a seta amarela)

6 Qual sistema adotar?

O tipo de sistema a ser adotado deve levar em consideração principalmente as características dos materiais. Por exemplo, resíduos com elevada umidade e pastosos, sugere-se serem compostados com revolvimento automatizado, devido à alta frequência dos revolvimentos e a necessidade de elevada mão de obra. Os demais resíduos podem ser compostados em leira estática ou com ar forçado. Todavia, os custos devem ser considerados, uma vez que o sistema automatizado economiza mão de obra, mas apresenta um custo de implantação mais elevado que o da leira estática. Por outro lado, a leira estática apresenta um menor custo de implantação e de energia elétrica, contudo requer maior demanda de mão de obra no manejo e na implantação da compostagem. É recomendada a consulta técnica de um extensionista da Epagri, buscando o auxílio para a tomada de decisões para qual modelo adotar.

7 Quando o composto está pronto

O composto é considerado pronto quando a pilha atingir a mesma temperatura do ambiente, não se elevando mais mesmo com a correção da umidade e promovendo a aeração/revolvimento. O período de compostagem pode variar entre 3 e 6 meses, dependendo do material e do manejo empregado. O composto pronto possui uma marcante cor escura, com odor leve e sem o cheiro do material de origem, relação C/N abaixo de 15 e umidade abaixo de 50%, permitindo o ensacamento e a fácil distribuição do fertilizante no solo (Figura 12).



Figura 12. Pilhas de compostagem em fase de maturação (A) e composto pronto para o uso (B)

8 Como usar o composto

A dosagem dos compostos nos cultivos irá depender de três fatores: da constituição do composto, da demanda de nutrientes das plantas e do resultado da análise de solo (Tabela 1). De modo geral, doses aproximadas a $1\text{kg}/\text{m}^2$ permitem o pleno cultivo das hortaliças folhosas (alface, rúcula), enquanto doses de $3\text{kg}/\text{m}^2$ são recomendadas para frutos (tomate, pepino, pimentão). O composto, se devidamente pronto, pode ser aplicado no momento do plantio sem ocasionar risco de fitotoxidez às plantas. O composto pode ser incorporado ao solo ou aplicado na superfície na área de plantio. A aplicação do composto localizada em covas e sulcos apresenta uma economia de mão de obra e de fertilizante, aumentando sua eficiência.

É importante destacar que a maioria dos compostos apresenta mais P e K do que N, levando ao acúmulo do P e K nos solos em muitos cultivos, especialmente os de hortaliças. Assim, quando a adubação for feita exclusivamente com composto, deve-se optar pelo uso daqueles elaborados com resíduos de materiais ricos em N, como grãos residuais da soja, palhas de fabáceas, compostos de resíduos de frigorífico, entre outros.

Tabela 1. Características químicas de diferentes tipos de compostos orgânicos

Material	pH	N	P	K	Relação C/N
Tipo de composto	%.....			
Capim-elefante e esterco bovino	6,5	2,0	2,5	1,5	14
Capim-elefante e cama de aves	7,0	2,5	3,5	3,8	12
Palha de arroz e cama de aves	7,0	2,0	2,8	3,0	12
Resíduo do palmito e cama de aves	6,5	3,2	4,5	4,0	15
Resíduo de jardinagem e cama de aves	7,0	2,8	3,5	3,2	13
Resíduos de criação e abate de suínos	7,1	3,1	2,0	0,8	14
Cama de aves compostada	6,8	3,0	6,5	5,0	11
Crotalária	7,0	2,1	1,5	3,0	11
Feijão-de-porco	7,0	2,0	1,8	2,5	13

Cálculo para uso do composto

Exemplo 1:

Cultura: Repolho

Sistema de produção: orgânico

Análise do solo:

2,3% de matéria orgânica, 30mg/kg de fósforo e 200mg/kg de potássio.

Análise do composto:

3% de nitrogênio; 3,5% de fósforo; 3% de potássio; 20% de umidade.

Demanda da cultura conforme ROLAS (2016):

180 kg/ha de nitrogênio; 100 kg/ha de fósforo; e 90 kg/ha de potássio.

Cálculo:

Como no sistema orgânico o elemento limitante é o nitrogênio, deve-se calcular a quantidade de composto para fechar o nitrogênio na base, podendo ocorrer, conforme o composto utilizado, extrapolação da quantidade de outros nutrientes, como fósforo e potássio.

Neste exemplo, é recomendado fazer o seguinte cálculo:

N: 3% (1,5% considerando eficiência de 50%)

- Então: em 1.000kg de composto temos 15kg de N; logo, para suprimos 180kg de N precisamos de 12.000kg de composto (regra de três simples). Considerando 20% de umidade, teremos então 14.400kg de composto.

* Caso o cultivo anterior tenha recebido composto, é necessário considerar a eficiência de 70% do N (50%, mais 20% de N residual). Assim, a necessidade será de 8.500kg de composto e com ajuste da umidade, 10.200kg.

Exemplo 2:

Cultura: Repolho

Sistema de produção: convencional

Análise do solo:

2,3% de matéria orgânica, 30mg/kg de fósforo e 200mg/kg de potássio.

Análise do composto:

3% de nitrogênio; 3% de fósforo; 3% de potássio; 20% de umidade.

Demanda da cultura conforme ROLAS (2016):

120kg/ha de nitrogênio; 60kg/ha de fósforo; e 90kg/ha de potássio.

Cálculo:

No sistema convencional de cultivo há a possibilidade de fechar a adubação com o elemento em que o composto tem em maior quantidade, neste exemplo o fósforo complementando em cobertura o nitrogênio e o potássio.

Neste exemplo, é recomendado fazer o seguinte cálculo:

P: 3% (2,4% considerando eficiência de 80%)

- Então: em 1.000 de composto kg temos 24kg de P; logo, para suprimos 60kg de P precisamos de 2.500kg de composto (regra de três simples). Considerando 20% de umidade, teremos então 3.000kg de composto.

* caso o cultivo anterior tenha recebido composto, é necessário considerar a eficiência de 100% do P (80%, mais 20% de N residual). Assim, a necessidade será de 2.000kg de composto e com ajuste da umidade, 2.400kg.

Adubação complementar:

N: em 3.000kg de composto úmido teremos 38kg de N (1,5%), logo faltará 82kg de N, que pode ser complementado com 182kg de ureia ou 410kg de sulfato de amônio, ambos parcelados em duas aplicações.

K: em 3.000kg de composto úmido teremos 90kg de K (3%). Nesse caso, fecha a necessidade de K, todavia, caso falte o nutriente, pode-se complementar com cloreto de potássio (60% de K).

Elaboração

Rafael Ricardo Cantú

rrcantu@epagri.sc.gov.br

Rafael G. F. Morales

rafaelmorales@epagri.sc.gov.br

Euclides Schallenberger

schallenberger@epagri.sc.gov.br

Alexandre Visconti

visconti@epagri.sc.gov.br

Endereço

Estação Experimental de Itajaí (Epagri/EEI)
Rodovia Antônio Heil, 6.800
Bairro Itaipava
88318-112 – Itajaí, SC



www.epagri.sc.gov.br



www.youtube.com/epagritv



www.facebook.com/epagri



www.twitter.com/epagrioficial



www.instagram.com/epagri



linkedin.com/company/epagri



<http://publicacoes.epagri.sc.gov.br>

Edição: Epagri/DEMC
Divulgação: *On-line*
Florianópolis, fevereiro/2022

