

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO

ESTHER OLIARI SELANI

**CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO
USO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS SECOS ORIUNDOS DE FONTES
DIVERSAS COMO ADUBO**

BAURU

2022

ESTHER OLIARI SELANI

**CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO
USO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS SECOS ORIUNDOS DE FONTES
DIVERSAS COMO ADUBO**

Monografia apresentada a Pró-Reitoria Acadêmica do Centro Universitário Sagrado Coração, sob orientação da Profa. Dra. Beatriz Antoniassi Tavares e co-orientação de Ana Paula Cerino Coutinho.

BAURU

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

S464c	<p>Selani, Esther Oliari</p> <p>Caracterização e estudo da viabilidade técnica do uso de resíduos orgânicos secos oriundos de fontes diversas como adubo / Esther Oliari Selani. -- 2022. 54f. : il.</p> <p>Orientadora: Prof.^a Dra. Beatriz Antoniassi Tavares Coorientadora: Prof.^a Dra. Ana Paula Cerino Coutinho</p> <p>Monografia (Iniciação Científica em Engenharia Química) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP</p> <p>1. Resíduos orgânicos. 2. Caracterização. 3. Agricultura sustentável. 4. Adubo. 5. Município de Bauru. I. Tavares, Beatriz Antoniassi. II. Coutinho, Ana Paula Cerino. III. Título.</p>
-------	---

Elaborado por Lidyane Silva Lima - CRB-8/9602

A Deus.

À minha família.

Aos meus amigos.

Aos meus professores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, o grande autor da vida e senhor de todo conhecimento, por me despertar no estudo e no cuidado com a sua criação.

Agradeço à minha família – meus pais e irmã – que me subsidiaram em tenro afeto e todo o amor necessário.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Beatriz, e coorientadora, Profa. Dra. Ana Paula, pelo compromisso e grande dedicação em toda instrução e ensino.

RESUMO

Em todo o mundo, a sustentabilidade é comentada há décadas, mas se tornou grande palco de discussão nos últimos anos. No Brasil, o movimento sustentável, principalmente no que tange à gestão dos resíduos sólidos, é ainda mais recente, sendo mais fortemente discutido a partir da implementação do Plano Nacional dos Resíduos Sólidos no ano de 2010. Entretanto, no município de Bauru, bem como em todo o Estado de São Paulo, dados disponibilizados pelo governo brasileiro indicam eficiência mediana ou ineficiência quanto à gestão e reutilização dos resíduos, principalmente os de origem orgânica seca. Diante do exposto, o presente projeto visou contribuir com a sustentabilidade, visto que a pesquisa alude a Agenda 2030 da ONU, compreendendo uma agricultura sustentável, e avaliou a utilização, de resíduos sólidos de classe 2, orgânicos secos, que têm origem animal e vegetal, como adubo. O estudo compreendeu análises físico-químicas dos resíduos e a busca de viabilidade em suas utilizações através da mistura dos compostos visando obter melhores propriedades agronômicas. Foram utilizados três tipos de resíduos: resíduos secos de varrição de um Porto (milho, soja, cascas, etc.), base de nutrição animal vencido e lodo da estação de tratamento de um frigorífico. Os resultados obtidos na caracterização da matriz orgânica de cada amostra de resíduo foram utilizados para o estudo de uma proposta de misturas desses resíduos na busca de um padrão agronômico para utilização como adubo.

Palavras-chave: Resíduos orgânicos. Caracterização. Agricultura sustentável. Adubo. Município de Bauru.

ABSTRACT

All over the world, sustainability has been talked about for decades, but it has become a major discussion during the last few years. In Brazil, the Sustainability Movement, especially regarding solid waste management, is even more recent, being more discussed since the implementation of the National Solid Waste Plan in 2010. However, in Bauru city, as well as in the State of São Paulo, data made available by the Brazilian government indicates average efficiency or inefficiency concerning the management and reuse of solid waste, especially those that come from a dry organic origin. That being said, this project is aimed at contributing to sustainability – since the research alludes to the UN 2030 Agenda as it comprises sustainable agriculture – and evaluated the use of class 2 dry solid organic waste that comes from animal and plant origin as fertilizer. The study included physical-chemical analysis of the residues and the search for feasibility in their uses through the mixture of compounds in order to obtain better agronomic properties. Three types of solid waste were used: dry residues from a port's sweeping (corn, soy, husk, etc.), expired animal nutrition food, and sludge from the treatment station of a meat-packing company. The results obtained in the characterization of the organic matrix of each sample of residue were used to study a proposal of mixtures of these residues in the search of an agronomic standard for their use as a fertilizer.

Keywords: Organic waste. Description. Sustainable Agriculture. Fertilizer. Bauru.

Sumário

1. Introdução e Justificativa	9
2. Objetivos	14
3. Metodologia	15
4. Resultados	26
5. Discussões:	50

1. Introdução e Justificativa

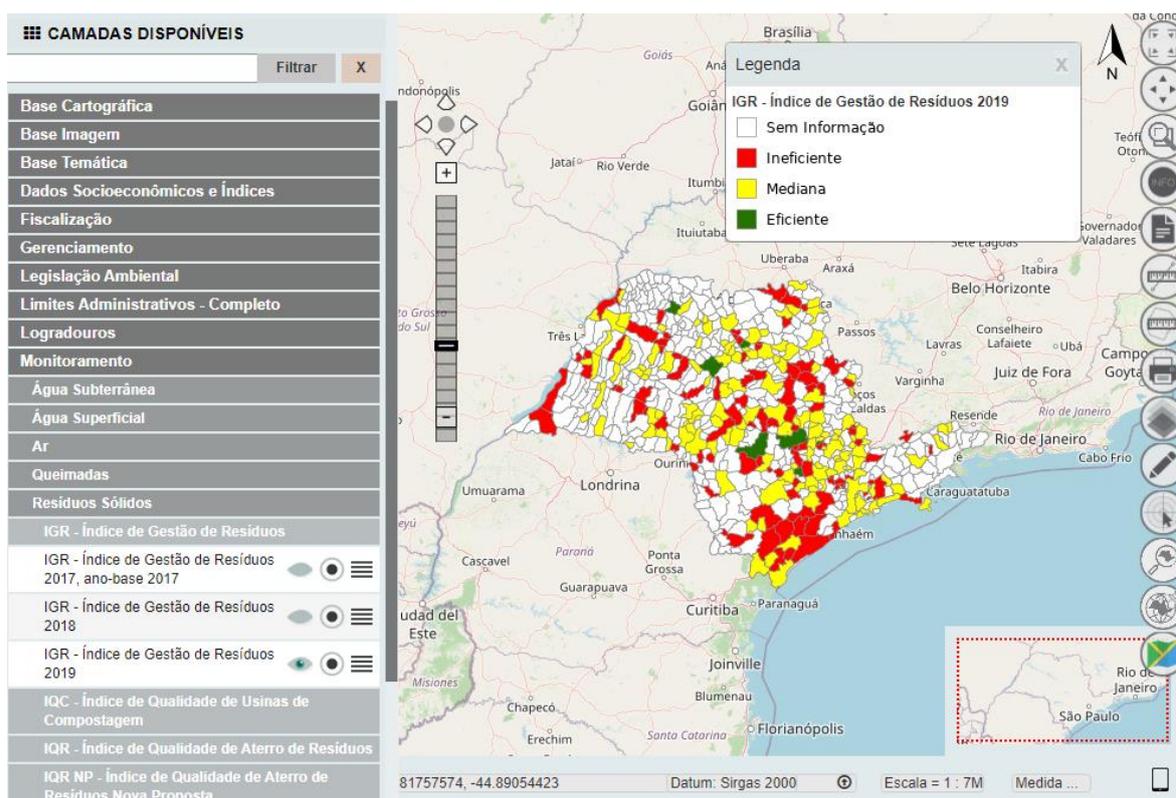
Em todo o mundo, há uma crescente inquietação quanto à sustentabilidade. Deixada de lado por muito tempo, o tema está agora em alta após fatos históricos como o acidente numa usina nuclear em Chernobyl, o vazamento de petróleo em Exxon Valdez e o mercúrio despejado num rio na Baía de Minamata, além de inúmeras outras catástrofes ambientais de danos menores, mas que vêm sendo amontoadas por toda a Terra.

Assim, a sustentabilidade é pauta de quase todos os governos, organizações e grandes empresas atualmente. Hans Michael Van Bellen comenta em seu livro, *Indicadores de Sustentabilidade*, que essa atenção para os danos ambientais promove o estudo e induz a aparição de respostas sustentáveis à relação entre o homem e sua transformação da natureza – no cuidado com o meio ambiente (VAN BELLEN, 2005).

No Brasil, a sustentabilidade é assunto mais recente. Em 1981, foi criada a Lei nº 6.938, que, como consta a Constituição Federal de 1988, “Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências”. Em 1997, mais de 16 anos depois, o Conselho Empresarial Brasileiro de Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) foi fundado e hoje ainda tem o objetivo conciliar a economia e o ambiente (CEBDS, [2021]). No entanto, somente em 2010, foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), com o intuito de promover um gerenciamento adequado dos resíduos sólidos em todas as etapas.

Em São Paulo, sudeste do país, no entanto, o DATAGEO, Sistema Ambiental Paulista, aponta que, durante o ano de 2019, a gestão de resíduos é gritante referente à sua eficiência: Apenas em alguns poucos municípios há gestão eficiente. No município de Bauru e região, mais especificamente, como mostra a Figura 1, a seguir, o Índice de Gestão de Resíduos (IGR), aponta que é mediana ou insuficiente, quando há informação (DATAGEO, 2019).

Figura 01 – Índice de Gestão de Resíduos 2019, Estado de São Paulo.



Fonte: DATAGEO, 2019.

Nos anos de 2013 e 2014, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Bauru propôs um plano de resíduos para o município e criou objetivos e metas para o ano de 2018. O terceiro objetivo compreendeu a compostagem para resíduos orgânicos, no entanto o site da Prefeitura não disponibiliza mais dados referentes à aplicação do projeto em anos posteriores e não se tem mais informações quanto ao plano de ação (BAURU, 2013; 2014).

Dessa forma, compreende-se a má gestão de resíduos na região e, no cuidado com a sustentabilidade, uma via útil para resíduos orgânicos secos é a adubagem, o que inclui a redução de desperdícios e ainda promove uma diminuição de custos. Como fertilizantes orgânicos decompostos, a vantagem é para o meio ambiente, mas também atinge positivamente os plantadores de culturas e a posterior população consumidora.

O presente projeto, assim, propôs, no município de Bauru, um estudo da caracterização de resíduos orgânicos secos de classe II A e a viabilidade na utilização como adubo. Desejou-se, além da caracterização, realizar misturas dos compostos, a fim de obter-se características agronômicas de acordo com as medidas parametrizadas de fertilizantes pela Instrução Normativa nº 46/2016 (BRASIL, 2016).

A utilização de resíduos orgânicos como adubo compreende o segundo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS-2), Fome Zero e Agricultura Sustentável, por completo no item 2.4:

Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo” (Casa ONU Brasil, 2021).

Além disso, tem correlação com mais outros dois, Indústria, Inovação e Infraestrutura (ODS-9), em busca da promoção de indústrias sustentáveis e a modernização daquelas já existentes, a fim de impulsionar o cuidado com o meio ambiente; e Vida Terrestre (ODS-15), no cuidado de projetos e processos gerenciais sustentáveis ao fazer o uso dos recursos e ecossistemas terrestres.

Dessa forma, dá-se a compreensão da importância da técnica de adubagem em âmbito sustentável e, para fins de inovação, utiliza-se de pesquisas teóricas e práticas na identificação de matérias-primas e suas funções agrônômicas e em técnicas analíticas para condução de estudos, revisões e novas descobertas.

Assim, os estudos de resíduos de origem orgânica de fontes diversas com potencial aplicação como adubo são uma área promissora de continuidade no Brasil e no mundo. No entanto, a valorização do trabalho e da pesquisa na caracterização desses resíduos não é dada pela população geral, que não se atenta ao descarte correto e à busca de uma utilização dessa classe de orgânicos.

Melo et al. (2008) realizaram um estudo de caracterização da matriz orgânica de resíduos de diversas origens, incluindo esterco de diferentes animais e lodo de esgoto. Os resultados obtidos foram variados quanto aos diversos parâmetros de análises e, dentre as conclusões, destacou-se a quantidade de ácido orgânico em alguns compostos.

Outro objeto de estudo que também é de grande importância para o presente projeto foi realizado por Avancini (2020), onde as análises foram feitas em resíduos agroenergéticos e, em uma composteira, foram colocados resíduos de cana-de-açúcar, tungue e serragem e a caracterização revelou grandes quantidades de nitrogênio total e matéria orgânica.

No entanto, apesar dos trabalhos desenvolvidos, a maior parte dos estudos é conduzida em função de resíduos orgânicos secos de origem unicamente animal ou

apenas vegetal. O projeto realizado, diferente dos demais, foi feito com misturas de origem animal, do lodo de um frigorífico, e vegetal, da varrição de um porto, contendo soja, milho, casca e calcário e de bases de nutrição animal vencidas.

O presente estudo, portanto, caracterizou os resíduos de classe 2 – orgânicos secos, com métodos de análise laboratoriais, pautado em pesquisas científicas previamente arquitetadas; classificou-os de acordo com as propriedades agrônômicas reconhecidas em cada um; buscou fazer inserções e misturas de outras fontes de resíduos orgânicos secos e por meio de ensaios físico-químicos determinar as melhores misturas para posterior uso como adubo; buscou, por fim e consequência, viabilidade na utilização dos resíduos.

O estudo envolveu uma estimativa da quantidade de nutrientes disponível, o que é chamado de calibração. Segundo Sobral et al., “[...] se avalia, prioritariamente, a produção das culturas em relação aos teores do nutriente medidos no solo” (SOBRAL *et al.*, 2006).

Em um estudo realizado sobre fertilizantes e publicado pela revista *Manejo de Solo*, ao analisar fatores de influência no cultivo, destacaram-se como agentes consideráveis o conhecimento da cultura a ser empregado e a quantidade dos nutrientes exigida por ela; a absorção do solo e da planta; a quantidade de nutrientes disponíveis e a qualidade do solo; a época do ano de semeadura e colheita – considerando-se fatores climáticos (FANCELLI; ALMEIDA, 2015).

O mesmo estudo apontou que o milho exige cuidados especiais durante a sua fertilização – ou adubação orgânica. Recomenda-se que, na adubagem com nitrogênio, a quantidade aplicada seja de 30 a 50 kg.ha⁻¹ na semeadura, no entanto, pela influência climática, a temperaturas mais altas, a recomendação nessas regiões é que não seja menor que 40, ou seja, entre 40 e 50 kg.ha⁻¹ (FANCELLI; ALMEIDA, 2015).

Durante todo o cultivo – as culturas apresentam variações nos seus nutrientes, consequência de diversos fatores, entre eles a fertilidade do solo. Um outro estudo apontou que o acúmulo de matéria na cultura do milho indica um decréscimo com o tempo (SCIVITTARO, 2022).

Dessa forma, entendeu-se o grau de dificuldade em estabelecer parâmetros de nutrientes formados e da necessidade das principais culturas brasileiras. Assim, o presente projeto se limitou à caracterização dos materiais recebidos e busca de misturas que atendam às exigências governamentais brasileiras, ao Ministério da Cultura, da Pecuária e do Meio Ambiente.

Os materiais de estudo foram caracterizados, então, para melhor visualização, em três grupos de resíduos de origem – (1) resíduos animais; (2) resíduos de colheita; (3) resíduos portuários. Dos resultados do presente projeto, esperou-se obter uma organização dessas misturas e, por fim, resultados padrões específicos que possam ser utilizados como fertilizantes orgânicos.

2. Objetivos

Objetivo Geral: Caracterizar e estudar a viabilidade técnica do uso de resíduos orgânicos secos oriundos de fontes diversas com potencial aplicação como adubo.

Objetivos específicos:

- Trabalhar em um projeto que combine recursos disponibilizados por uma empresa de compostagem, integrando a investigação e estudo dos materiais com o despertamento para a disposição e habilidades científicas;
- Desenvolver habilidades para realização de análises de compostos de origem orgânica seca;
- Caracterizar através de análises físico-químicas os resíduos orgânicos secos;
- Analisar as misturas dos resíduos para identificação de suas funções agronômicas e aplicações na agricultura, contribuindo, dessa forma, para uma cultura limpa, sustentável e consciente;
- Estudar a viabilidade técnica de utilização dessas misturas;
- Contribuir para o cuidado com o meio ambiente, cursando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, estipulados pela ONU, relacionando a pesquisa brasileira com a sustentabilidade.

3. Metodologia

O estudo teve em propósito principal caracterizar e estudar a viabilidade técnica do uso de resíduos orgânicos secos oriundos de fontes diversas com potencial aplicação como adubo e compreendeu nesta etapa a caracterização físico-química individual das três amostras que são compostas de resíduos orgânicos secos classe 2.

Amostra 1: resíduos de varrição contendo milho, soja, casca, calcário etc. - Mineral;

Amostra 2: resíduos secos de lodo de frigorífico (vísceras, penas e efluente) - ETE;

Amostra 3: composto base de nutrição animal vencido – Orgânico.

As etapas a seguir compreendem, então, a caracterização físico-química dos materiais e os resultados obtidos:

- Umidade

Este parâmetro fornece informações tais como a vida útil do objeto de estudo nas três diferentes amostras. A presença de umidade impacta significativamente na degradação da matéria e faz com que o ambiente se torne mais suscetível à proliferação de microrganismos (FERREIRA, 2021).

Material

Estufa, balança analítica, dessecador com sílica gel, cadinhos de porcelana, pinça e espátula.

Procedimento

Colocar os cadinhos para aquecimento na estufa por 105°C por 1 hora e, após desligar. Tarrar os cadinhos e, a seguir, pesar de 2 a 10 g das amostras em cada um. Aquecer, então, por cerca de 18 horas, até que toda a umidade se desfaça. Resfriar no dessecador até a temperatura ambiente e pesar novamente o conjunto.

Cálculo

A determinação do teor de umidade é dada pela equação (1):

$$Umidade (\%) = \frac{Perda\ de\ massa}{Peso\ da\ amostra} \times 100 \quad (1)$$

- Determinação de Cinzas

Esta análise constitui-se na determinação do teor total de cinza das amostras, calculada por relações matemáticas e determinada pelo peso sobranete da incineração – aquecimento do produto a altas temperaturas. A determinação é objeto de estudo da matéria inorgânica do composto analisado mesmo que não garanta que o remanente seja toda a matéria – uma parte de sais pode sofrer redução (NASCIMENTO et al., 2018).

Material

Cadinhos de porcelana, mufla, dessecador com sílica gel, balança analítica, pinça e espátula.

Procedimento

Colocar os cadinhos para aquecimento na mufla a 550°C por 30 minutos. Dar início pesando os cadinhos de porcelana. Tarar as balanças com os cadinhos e pesar aproximadamente 5g das amostras em cada um. Colocar os conjuntos na mufla para incinerar. Após 5 horas em aquecimento, ou até que as amostras fiquem brancas ou acinzentadas, retirar da mufla e pesar novamente os conjuntos. É importante salientar que, caso as amostras apresentem coloração preta, deixar por mais tempo na mufla.

Cálculo

A determinação do teor de cinzas foi calculada, então, pela equação (2):

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{(\text{Peso da cápsula com cinzas}) - (\text{Peso da cápsula})}{\text{Peso da amostra}} \times 100 \quad (2)$$

- Determinação da Matéria Orgânica (MO)

A matéria orgânica tem disposição útil na adubação de culturas e, dentre os compostos orgânicos que apresentam uma melhoria significativa na qualidade do solo, está o lodo, rico em nutrientes e podendo ser fonte de nutrientes para a agricultura (AVANCINI, 2020).

Procedimento

A quantidade de matéria orgânica na amostra é determinada pelo que sobra da perda de matéria aquecida - as cinzas. De acordo com o método utilizado por Melo et al. (2008), por meio da pesagem e dos resultados obtidos na determinação do teor total de cinzas na amostra, a quantidade de matéria orgânica será determinada como o valor perdido no processo de queima.

Cálculo

A relação entre a matéria total e a matéria que sobrou (inorgânica), como exemplificado pela equação (3):

$$MO (\%) = \frac{(\text{Peso da amostra}) - [(\text{Peso da cápsula com cinzas} + \text{Peso da cápsula})]}{\text{Peso da amostra}} \times 100 \quad (3)$$

- Determinação de pH

O pH aponta para a acidez da matéria e seu estudo é de extrema importância porque, em quantidades exageradas de acidez ou alcalinidade, o solo pode se tornar infértil e culturas podem ter o desenvolvimento fraco ou chegar a morrer. A determinação da acidez é feita através de papéis tornassóis, azul e vermelho, e os valores, por meio de um pHmetro digital, com eletrodos mergulhados.

Material

Béquer de 150 mL, proveta de 100 mL, balança analítica, agitador magnético e pHmetro digital (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008)).

Reagentes

Soluções-tampão de pH 4, 7 e 10.

Procedimento

Pesar 5g da amostra por meio da balança analítica e, em um béquer, diluir com 50mL de água por meio de um agitador magnético até que o conteúdo esteja uniformemente suspenso. Iniciar, então, a leitura: Mergulhando o eletrodo na solução, o aparelho trará o valor do pH da amostra (GUERMANDI, 2015).

Os limites ideais do pH, vide DPR 915/82 (apud SHARMA et al., 1997) para uso em lavouras são entre 6 e 8,5. No Brasil, no entanto, a maioria dos solos é considerada ácida (pH<5,5), e essa acidez ocasiona a perda de nutrientes para as culturas. Dessa forma, o pH do adubo ou fertilizante aplicado, pode ser um ajustador do solo (NOLLA; ANGHINONI, 2004).

- Condutividade Elétrica

A determinação da condutividade elétrica (CE) dos compostos é utilizada para conhecer as suas concentrações salinas. A resistência na passagem de eletricidade diminui ao passo que aumenta o teor salino.

Material

Béquer de 50 mL, balança analítica, água deionizada, condutivímetro, agitador magnético.

Reagentes

Solução-padrão de KCl com concentração de 0,01 mol L⁻¹, condutividade elétrica igual a 1,412 dS m⁻¹ e a 25°C

Procedimento

No método, utilizar de um condutivímetro calibrado com solução-padrão de KCl com concentração de 0,01 mol L⁻¹, condutividade elétrica igual a 1,412 dS m⁻¹ e a 25°C. Seguindo o padrão da caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas, o aparelho deverá ser utilizado em uma amostra de 15g do resíduo seco e 30 mL de água deionizada, que serão agitados e filtrados (MELO et al., 2008).

O princípio da relação da CE e da concentração salina é relativo na utilização dos compostos no solo. Em determinados solos, a condições específicas, necessita-se de maiores ou menores quantidades de sais, e a viabilidade, portanto, deve ser feita em conjunto com os lugares de aplicação dos adubos.

- Determinação de Proteína

O estudo tem como base a determinação do teor de nitrogênio (N). A investigação deve ocorrer cuidadosamente e merece atenção especial em aplicações, como diz a Instrução Normativa nº 46/2016 (BRASIL, 2016), e, sem obedecer aos parâmetros, podem prejudicar severamente culturas, causando a morte de lavouras e até inabilidade do solo. A análise geralmente é feita pelo processo de micro Kjeldahl.

Os parâmetros para quantidade de Nitrogênio a ser empregado no solo como fertilizante variam a cada cultura e estão sob influências de diversos outros fatores, como a condição climática do local, a estação do ano e o histórico do solo com relação à proteína (EMBRAPA, 2021).

São catalogados, no entanto, a existência de valores recomendados para grãos específicos, como a soja, em que “a dose de nitrogênio a ser aplicada na semeadura varia entre 15 e 20 kg/há”. Dessa forma, o estudo a ser empregado na aplicação da proteína como fertilizante de solo será feito para culturas conhecidas específicas (EMBRAPA, 2021).

Material

Balança analítica, frascos de Kjeldahl de X mL, chapa elétrica ou manta aquecedora, balão de destilação, frasco Erlenmeyer de X mL, bureta de 25 mL, espátula, papel de seda, dedal, pipeta graduada de 25 mL ou pipetador automático e pérolas de vidro.

Reagentes

2,5 g de mistura digestora (sulfato de cobre e de potássio), 5mL de ácido sulfúrico, 20 mL de hidróxido de sódio 40%, 10 mL de ácido bórico 4%, 3 gotas de indicador (vermelho de metil + verde de bromocresol) e ácido clorídrico 0,1M.

Procedimento

A determinação de proteínas tem como base a determinação do teor de nitrogênio que geralmente é feita pelo processo de micro Kjeldahl. Essa metodologia possui 3 etapas: digestão, destilação e titulação. Para a digestão, pesar aproximadamente 0,2 gramas da amostra e 2,5 g de mistura digestora (sulfato de cobre e de potássio) em um tubo digestor. Acrescentar 10 pérolas de vidro e 5 mL de ácido sulfúrico. Em seguida, digerir o conjunto em o bloco digestor a uma temperatura de 400°C até atingir uma coloração azul translúcida. Após a digestão, colocar 7 mL de água destilada e 20 mL de hidróxido de sódio 40% no tubo. Ligar o destilador e iniciar o processo de destilação. Colocar em seu lugar do aparelho um erlenmeyer com 10 mL de ácido bórico a 4% e 3 gotas de indicador misto (vermelho de metila e verde de bromocresol) para que ocorra a destilação até atingir o volume de 50 mL. Após o término da destilação, o erlenmeyer deverá ser retirado, e o líquido destilado, titulado com ácido clorídrico 0,1M padronizado, até a mudança na coloração.

O teor de nitrogênio é expresso pela equação (4).

Cálculo

$$\text{Nitrogênio (\%)} = \frac{0,014 \times N \times V(\text{ml})_{\text{gasto}}}{\text{Pesodaamostra}(g)} \times 100 \quad (4)$$

Tabela 1 – Fator de conversão de nitrogênio total em proteína.

Amostra	Fator
Farinha de trigo	5,83
Aveia	5,83
Soja	6,25
Arroz	5,95
Coco	5,30
Avelã	5,30
Amendoim	5,46

Fonte: Embrapa, 2021

$$\text{Tor de proteína(\%)} = \% \text{denitrogênio} \times \text{fator da amostra analisada}$$

(5)

- Determinação de Potássio

Esta análise será realizada em um Fotômetro Multiparâmetro. O aparelho é comumente utilizado na identificação de nutrientes contidos em plantas e capaz de realizar inúmeros parâmetros, mas, quando se fala de plantas, é específico em potássio, cálcio e magnésio. Além do medidor, é necessária a utilização de reagentes específicos para cada análise.

Material

Multiparâmetro e curvete.

Reagentes

6 gotas de reagente de Potássio A – código HI93750A-0;

1 saqueta de Reagente de Potássio B – código HI93750B-0.

Procedimento

Segundo o manual de instruções para uso do Fotômetro para Análise de Nutrientes (HANNA, 2021), que traz especificações de uso e a metodologia detalhada do processo, são necessárias as seguintes condições e especificações para a análise:

Gama - 0.0 a 20.0 mg/L (como K);

Resolução 0.1 mg/L;

Precisão $\pm 3,0$ mg/L $\pm 7\%$ da leitura a 25 °C;

Fonte de Luz LED com filtro de banda de estreita interferência no comprimento de onda 466 nm.

No Multiparâmetro, com todos os recursos necessários disponíveis, deve-se selecionar “Potássio” no método de utilização do aparelho e encher o curvete com 10 mL de mistura (amostra de resíduo seco + água deionizada), adicionando 6 gotas do reagente de Potássio A e, após colocar a tampa do curvete, deve-se agitar circularmente a solução. Coloca-se o curvete no suporte, então, e a sua tampa deverá ser fechada. Portanto, selecionar se a tecla “0” e retirar o curvete do aparelho. Após, adicionar-se uma saqueta de Reagente de Potássio B no mesmo curvete, voltar a colocar a tampa e agitá-lo cuidadosamente por 1 minuto. Deve-se colocar novamente a curvete no suporte e fechar a tampa. Pressionar “Timer”, aguardar e apertar “Read”. O aparelho, por fim, fará a indicação dos resultados em mg/L de Potássio.

- Determinação de Fósforo

Utilizando também um Fotômetro Multiparâmetro (HANNA, 2021), a análise de fósforo nos resíduos, segundo o Manual de Instruções de uma HI83325, será determinada pelo procedimento guiado, com especificações necessárias:

Gama: 0.0 a 30.0 mg/L (como PO_4^{3-});

Resolução 0.1 mg/L;

Precisão $\pm 1,0$ mg/L $\pm 4\%$ da leitura a 25 °C;

Reagentes

10 gotas de Reagente de Fosfato Gama Alta A – código HI93717A-0;

1 saqueta de Reagente de Fosfato Gama Alta B – código HI93717B-0.

Procedimento

No Multiparâmetro, com todos os recursos necessários disponíveis, selecionou-se “Potássio” no método de utilização do aparelho. Encheu-se o curvete com 10 ml de mistura (amostra de resíduo seco + água deionizada). Adicionou-se 10 gotas do reagente de Fósforo Gama Alta A, colocou-se a tampa do curvete e agitou-se circularmente a solução. Colocou-se o curvete no suporte e fechou-se a sua tampa. Pressionou-se a tecla “0” e retirou-se o curvete do aparelho. Após, adicionou-se uma embalagem de Reagente de Fosfato GA B no mesmo curvete e voltou-se a colocar a tampa e agitá-lo cuidadosamente por 1 minuto. Colocou-se novamente a curvete no suporte e fechou-se a tampa. Pressionou-se “Timer”, aguardou-se e apertou-se “Read”. O aparelho, por fim, indicou os resultados em mg/L de Fosfato. Pressionou-se, por fim, a tecla “Chem Frm” para converter o resultado para mg/L de fósforo (P).

- Determinação da Razão C/N

A relação C/N também deverá ser determinada e consiste na equação 6:

$$\frac{C}{N} (\%) = \frac{(\text{Carbono total})\%}{(\text{Nitrogênio total})\%} \quad (6)$$

A razão, segundo a legislação, para valores expressos em base seca, pode ser máxima de 20. Com valores muito acima do parâmetro da Instrução Normativa nº 25/2009 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, o solo e as culturas empregadas podem ser prejudicados. A tabela 8, a seguir, exemplifica o valor máximo (BRASIL, 2009):

Tabela 2 – Relação da matéria orgânica e do nitrogênio total pela legislação

C/N	
Máx.	20

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

- Determinação de Amônio

No estudo da quantidade de amônio nos resíduos, dá-se a importância na absorção do nitrogênio do solo que, na cultura de arroz, por exemplo, em condições anaeróbicas, é em maior quantidade que o nitrato e gasta menos ATP (adenosina trifosfato) mol⁻¹ no processo (CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 9., 2015, PELOTAS. CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA OTIMIZAÇÃO DA ORIZICULTURA: ANAIS. BRASÍLIA, DF: EMBRAPA; PELOTAS: SOSBAI, 2015).

Material para Amônio e Nitrato

Erlenmeyer de 125 mL e 250 mL, Balões volumétricos de 100 mL, 250 mL e 1L, Pipeta volumétrica de 25 mL, Bureta volumétrica ou digital, Pipeta, Proveta, Almofariz, Destilador de nitrogênio, Agitador de mesa horizontal com garras para Erlenmeyer de 125 mL, Balança analítica, Tubos de Digestão (compatíveis com o destilador), Mufla.

Reagentes para Amônio e Nitrato

Liga de Devarda p.a, Óxido de magnésio p.a, Solução de cloreto de potássio 1 mol L⁻¹, Solução de ácido bórico 4, Indicador verde de bromocresol 1 g L⁻¹, Indicador vermelho de metila 1 g L⁻¹, Indicador alaranjado de metila 1 g L⁻¹, Solução de ácido sulfúrico 0,0025 mol L⁻¹, Solução de carbonato de sódio 0,0025 mol L. (1 vermelho: 10 verde)

Procedimento

Para a extração, pesou-se 10 g de amostra de solo em Erlenmeyer de 125 mL. Adicionou-se 100,00 mL de solução de KCl 1 mol L⁻¹, agitou-se por 1 hora em agitador horizontal circular e depois deixou-se em repouso por 1 hora. Realizou-se a determinação no mesmo dia. Determinação: Pipetou-se 25,00 mL de sobrenadante, transferiu-se para tubos de digestão e adicionou-se 0,2 g de óxido de magnésio. Preparou-se um Erlenmeyer de 125 mL, contendo 10 mL de solução de ácido bórico 4% e três gotas da solução mista de indicadores. Acoplou-se o tubo de digestão ao destilador de nitrogênio e proceder à destilação (entre 3 e 4 minutos), coletando o condensado no Erlenmeyer previamente preparado. Titulou-se com solução de H₂SO₄ 0,0025 mol L⁻¹, até a viragem da cor que passa de azul esverdeada para levemente vermelha. Anotou-se o volume gasto. Procedeu-se duas provas em branco com adição de 25 mL de água destilada ou deionizada. Por fim, após a determinação do amônio, deverá ser feita a determinação do nitrato e, por um cálculo, serão encontrados os valores das concentrações.

Cálculo

Por fim, foram realizados os cálculos para determinação das concentrações:

$$N - NO_4^+ (mg.Kg^{-1}) = 14400 \times Ma \times (V1 - Vba) \text{ (I)}$$

Onde,

- N – NH₄⁺ é a concentração de amônio no solo, expressa em mg.Kg⁻¹;
- Ma é a concentração padronizada de H₂SO₄, em mol. L⁻¹;
- V1 é o volume gasto da solução de ácido sulfúrico para o amônio, em mL;
- Vba é o volume gasto da solução de ácido sulfúrico para a prova em branco do amônio, em mL;
- 14400 equivale a 4x100x36, sendo 4 vindo da divisão de 100 mL KCl 1 mol L⁻¹ por 25 mL pipetado, 100 vindo da mudança de 10 g para 1 kg de solo e 36 vindo da massa de NH₄⁺ titulado pelo ácido (2 x 18 g);

- Determinação do Nitrato

A seguinte determinação compreenderá as mesmas etapas da determinação do amônio. A determinação do nitrato (NO₃⁺) também será feita pela destilação e titulação (TEIXEIRA, 2017).

Procedimento

Preparou-se outro Erlenmeyer de 125 mL contendo 10 mL de solução de ácido bórico 4% e três gotas da solução mistura de indicadores. Retirou-se o tubo de digestão do destilador (tomar cuidado devido ao aquecimento), deixou-se esfriar e adicionou-se 0,2 g de liga de Devarda. Imediatamente, acoplou-se de novo o tubo de digestão ao destilador de nitrogênio e procedeu-se a destilação (entre 2 e 4 minutos), coletando o condensado no Erlenmeyer previamente preparado. Titulou-se com solução padronizada de H₂SO₄ 0,0025 mol L⁻¹ até a viragem da cor, que passa de azul esverdeada para levemente vermelha. Anotou-se o volume gasto. Procedeu-se duas provas em branco com adição de 25 mL de água destilada.

Cálculo

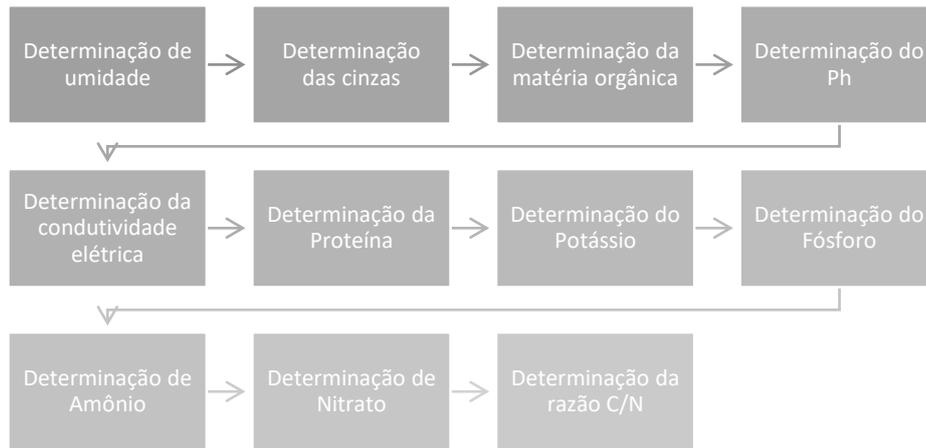
$$N - NO_3^- (mg.Kg^{-1}) = 46900 \times Ma \times (V2 - Vab) \quad (7)$$

Onde,

- N – NO₃ – é a concentração de nitrato no solo, em mg kg⁻¹;
- Ma é a concentração da solução padronizada de H₂SO₄, em mol L⁻¹;
- V2 é a volume gasto da solução de ácido sulfúrico para o nitrato, em mL;
- Vbn é o volume gasto da solução de ácido sulfúrico para a prova em branco do nitrato, em mL;
- 49.600 equivale a 4x100x124, sendo 4 vindo da divisão de 100 mL KCl 1 mol L⁻¹ por 25 mL pipetado, 100 vindo da mudança de 10 g para 1 kg de solo e 124 vindo da massa de NO₃ - titulado pelo ácido (2 x 62 g).

Como forma de apresentar as etapas que serão realizadas na caracterização físico-química das amostras de resíduos classe 2, selecionadas para este estudo, a Figura 2, a seguir, apresenta um resumo em forma de fluxograma.

Figura 02 - Fluxograma da sequência de análises dos resíduos selecionados para este estudo.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

4. Resultados

Nesta etapa de caracterização físico-química, as amostras passaram inicialmente pela etapa de preparação, que consistiu na trituração e moagem da amostra e homogeneização, por meio de um liquidificador, com cuidado para não comprometer a qualidade da amostra, e, secagem, em mufla à 550°C.

Sendo os compostos formados por:

- 1: Resíduos de varrição contendo milho, soja, casca, calcário etc. - Mineral;
- 2: Resíduos secos de lodo de frigorífico (vísceras, penas e efluente) - ETE;
- 3: Composto base de nutrição animal vencido – Orgânico.

A seguir serão descritas cada uma das análises realizadas:

- Umidade:

Inicialmente, colocou-se os cadinhos para aquecimento na estufa por 105°C por 1 hora e, após desligar, com cuidado para que não houvesse contato corpóreo – das mãos – com os objetos, enumerou-se todos para facilitar a identificação. Dando sequência, pesou-se de 2 a 10 g das amostras nos cadinhos, previamente tarados e com os valores anotados, e aqueceu-se novamente na estufa por um período de 18 horas – das 16 às 10h do dia seguinte - até que toda a umidade se desfizesse. Resfriou-se os conjuntos no dessecador até a temperatura ambiente e pesou-se novamente, Figuras 1 a 13.

Figura 03 – Material utilizado na pesagem dos conjuntos



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 04 – Procedimento de pesagem e tara do cadinho na balança analítica



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 05 – Procedimento de pesagem da amostra na balança analítica



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figuras 06 e 07 – Conjunto – cadinhos + amostras - utilizados



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 08 – Conjunto – cadinhos + amostras - pesado



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 09 – Estufa utilizada no aquecimento dos conjuntos



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 10 – Ajuste de temperatura na estufa



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 11 – Conjuntos na estufa para aquecimento



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 12 – Após aquecimento, conjuntos deixados no dessecador para não ganharem umidade até a análise das amostras



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 13 – Conjuntos retirados do dessecador para dar início às novas pesagens



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os resultados obtidos pelas análises foram amostrados 5 vezes e registrados nas Tabelas 3, 4 e 5, a seguir:

Tabela 3 – Umidade encontrada nas amostras tipo 1:

Mineral						
Amostra	Identificação	Peso cadinho (g)	Peso amostra (g)	Peso (cadinho + am)	Peso após incineração	% Umidade
01	11	28,5278	4,7538	33,2647	32,9811	0,99147445
02	12	25,8893	3,8145	29,7030	29,4710	0,99218934
03	13	27,3126	3,7678	31,0805	30,8505	0,99259986
04	14	27,1053	4,8724	31,9783	31,6753	0,99052482
05	15	25,0744	3,1669	28,2412	28,0499	0,99322621

Fonte: Próprio autor

A média obtida pela repetição das análises foi 0,9920 e, o desvio padrão, 0,104%, o que sugere, portanto, que a umidade é baixa e a variação não foi significativa - os valores apresentaram coerência.

Tabela 4 – Umidade encontrada nas amostras do tipo 2:

ETE						
Amostra	Identificação	Peso cadinho (g)	Peso amostra (g)	Peso (cadinho + amostra)	Peso após incineração	% Umidade
01	1	17,5992	3,3088	20,9074	20,6477	0,987579
02	2	16,5943	3,2065	19,8006	19,5491	0,987298
03	3	27,0769	3,5387	30,6157	30,3317	0,990724
04	4	30,2510	3,0546	33,3050	33,0750	0,993094
05	5	26,7512	3,4484	30,1982	29,9219	0,99085

Fonte: Próprio autor

A média obtida pela repetição das análises foi 0,9899 e, o desvio padrão, 0,245%, o que sugere, portanto, que a umidade é baixa e a variação não foi significativa - os valores apresentaram coerência.

Tabela 5 – Umidade encontrada nas amostras tipo 3:

Orgânico

Amostra	Identificação	Peso cadinho (g)	Peso amostra (g)	Peso (cadinho + am)	Peso após incineração	% Umidade
01	6	24,0657	3,7534	27,8190	26,8419	0,96487652
02	7	25,8630	-	28,8342	28,0660	0,97335803
03	8	25,2080	3,5232	28,7356	27,8082	0,96772644
04	9	28,1372	3,8383	31,9751	30,9711	0,96860057
05	10	25,7977	3,7033	29,5045	28,5533	0,96776085

Fonte: Próprio autor

A média obtida pela repetição das análises foi 0,9685 e, o desvio padrão, 0,307%, o que sugere, portanto, que a umidade é baixa e a variação não foi significativa - os valores apresentaram coerência.

- Cinzas:

Inicialmente, colocou-se os cadinhos para aquecimento na mufla a 550°C por 30 minutos e, após desligar, com cuidado para que não houvesse contato corpóreo – das mãos – com os objetos, enumerou-se todos para facilitar a identificação. Iniciou-se então a análise pesando os cadinhos de porcelana e anotando os valores. A balança analítica foi tarada com os cadinhos e com a espátula, pesou-se aproximadamente 5g das amostras e os valores também foi anotado. Colocou-se os cadinhos com as amostras na mufla para incinerar das 17 às 22h. Após 5 horas em aquecimento, retirou-se da mufla e pesou-se novamente os conjuntos, Figuras 14 a 19, a seguir.

Figura 14 – Conjuntos sendo aquecidos na mufla



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 15 – Pesagem da matéria para os cadinhos



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 16 – Conjuntos enumerados e prontos para voltar à mufla



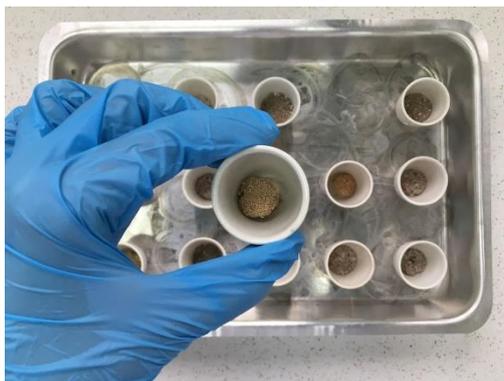
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 17 – Conjuntos na mufla



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 18 – Após secagem



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 19 – Pesagem final



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os resultados obtidos pela análise foram registrados nas Tabelas 6 a 8, a seguir:

Tabela 6 – Cinzas determinadas nas amostras tipo 1:

Identificação	Peso cadinho (g)	Peso amostra (g)	Peso após incineração	Cinzas (%)
11	19,8046	3,3521	22,1964	71,35%
12	19,842	3,67	22,4512	71,10%
13	18,6013	3,0832	20,9203	75,21%
14	17,7001	3,7131	20,3811	72,20%
15	20,5848	3,5895	23,1198	70,62%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os resultados obtidos foram: A média de cinzas encontrada na amostra analisada foi de 72,10% e o desvio padrão foi de apenas 1,83%.

Tabela 7 – Cinzas determinadas nas amostras tipo 2:

Identificação	Peso cadinho (g)	Peso amostra (g)	Peso após incineração	Cinzas (%)
1	18,5191	3,5796	18,7449	6,31%
2	19,2372	3,1549	19,4404	6,44%
3	16,5812	3,7571	16,8177	6,29%
4	16,1143	3,5416	16,345	6,51%
5	23,3331	3,746	23,5724	6,39%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os resultados obtidos foram: A média de cinzas encontrada na amostra analisada foi de 5,42%, e o desvio padrão foi de apenas 1,22%.

Tabela 8 – Cinzas determinadas nas amostras tipo 3:

Identificação	Peso cadinho (g)	Peso amostra (g)	Peso após incineração	Cinzas (%)
6	19,3652	3,4423	19,5403	5,09%
7	18,2887	3,5838	18,4476	4,43%
8	20,8841	3,3318	21,0503	4,99%
9	22,7881	3,5157	22,9654	5,04%
10	18,3845	3,326	18,6353	7,54%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os resultados obtidos foram: A média de cinzas encontrada na amostra analisada foi de 6,39%, e o desvio padrão foi de apenas 0,09%.

- Matéria orgânica:

A análise deve ser feita com base na Instrução Normativa nº 61/2020, (BRASIL, 2020) que “estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura”, dispõe sobre os fertilizantes, como mostra a tabela a seguir, em que a quantidade de carbono orgânico, obtido a partir do cálculo da MO, é expressa em base seca, conforme apresentado na Tabela 9, a seguir.

Tabela 9 – Parâmetros apresentados na legislação para fertilizantes orgânico misto e orgânico composto sólidos.

Garantia	Misto/composto
Umidade (máx.)	50%
Carbono Orgânico - CO (mín.)	15%

Fonte: BRASIL, 2020.

A quantidade de matéria orgânica nas amostras foi determinada pela análise de cinzas, ou matéria inorgânica, sendo realizada uma subtração, Tabelas 10 a 12.

Tabela 10 – Matéria orgânica encontrada nas amostras do tipo 1:

Amostra	Matéria inorgânica	Matéria orgânica
11	71,35%	28,65%
12	71,10%	28,90%
13	75,21%	24,79%
14	72,20%	27,80%
15	70,62%	29,38%

Fonte: Próprio autor

Tabela 11 – Matéria orgânica encontrada nas amostras do tipo 2:

Amostra	Matéria inorgânica	Matéria orgânica
1	6,31%	93,69%
2	6,44%	93,56%
3	6,29%	93,71%
4	6,51%	93,49%
5	6,39%	93,61%

Fonte: Próprio autor

Tabela 12 – Matéria orgânica encontrada nas amostras do tipo 3:

Amostra	Matéria inorgânica	Matéria orgânica
6	5,09%	94,91%
7	4,43%	95,57%
8	4,99%	95,01%
9	5,04%	94,96%
10	7,54%	92,46%

Fonte: Próprio autor

- pH:

Pesou-se 5g da amostra e, em um béquer, diluiu-se com 50mL de água, fazendo-se o uso de um agitador magnético, Figuras 20 e 21. Após, verificou-se que o pHmetro digital estava previamente calibrado e iniciou-se a leitura (GUERMANDI, 2015).

Figura 20 – Conjunto utilizado na análise



Fonte: Próprio autor

Figura 21 – Agitação magnética



Fonte: Próprio autor

Tabela 13 – pH das amostras

Amostra	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
01	8,36	6,55	5,15

Fonte: Próprio autor

- Condutividade elétrica:

Segundo Sharma et al. (1997) (apud MELO et al., 2008) os valores recomendados para utilização dos resíduos como adubos em áreas agrícolas são trazidos na Tabela 14, a seguir:

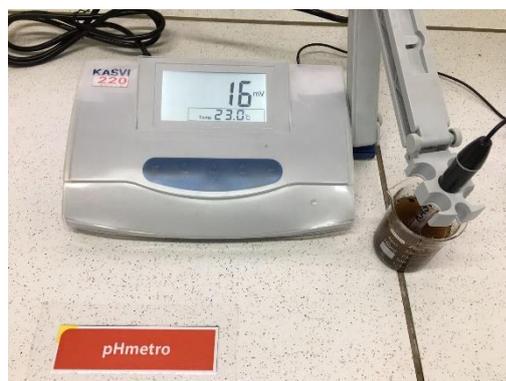
Tabela 14 – Valores de condutividade elétrica recomendados para os resíduos orgânicos secos.

CE	
Valores em dS m^{-1}	
Mín.	0,64
Máx.	6,85

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Pesou-se 15 g de cada amostra e, diluídas em 30 mL de água deionizada, os conjuntos foram agitados por 30 min e filtrados após passarem por 16 h de descanso.

Figura 22 – Leitura da amostra



Fonte: Próprio autor

Tabela 15 – Condutividade das amostras

Amostra	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
01	74 mV	16 mV	-61 mV

Fonte: Próprio autor

- Proteína:

A seguir, nas Tabelas 16 e 17, seguem padrões de quantidades determinadas e digeridas na adubação do solo, disponibilizados pela Embrapa (2016). No Brasil, alguns

produtos agroenergéticos de destaque são a cana-de-açúcar, o milho e a soja, entre outros (BARBOSA, 2017).

Tabela 16 – Quantidade de Nitrogênio total recomendada nas culturas Milho e Soja.

Matéria orgânica no solo %	Cultura precedente	
	Kg/há	
	Milho	Soja
<2,5	80	60
2,6 – 3,5	60	40
3,6 – 4,5	40	30
4,6 – 5,5	20	20
>5,5	>20	>20

Fonte: EMBRAPA, 2016.

Tabela 17 – Quantidade de Nitrogênio na cultura Cana-de-açúcar.

Produtividade esperada (t há ⁻¹)	Cultura precedente
	Kg/há
	Cana-de-açúcar
<60	60
60-80	80
80-100	100
100-120	120
>120	130

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Todavia, a utilização do nitrogênio na adubação de culturas pode induzir uma acidificação do solo e recorre-se assim ao tratamento com a cal. Um estudo realizado pela *International Fertilizer Industry Association* (REETZ, 2017) e apresentado na Tabela 18, determinou empiricamente as quantidades de utilização necessárias da CaO:

Tabela 18 – Quantidade de CaO para correção da acidificação do solo.

Fertilizante, contendo 1 Kg de N*	Quantidade de CaO para compensar, em Kg
Nitrato de amônio e cálcio	0,6
Amônia, uréia e nitrato de amônio	1
Fosfato de Diamônio	2
Nitrato sulfato de amônio	2
Sulfato de amônio	3

Fonte: REETZ, 2017.

Na digestão, pesou-se aproximadamente 0,2 gramas da amostra e 2,5 g de mistura digestora e, em um tubo digestor, acrescentou-se 5 pérolas de vidro e 5 mL de ácido sulfúrico, iniciando a digestão a uma temperatura de 400°C até atingir uma coloração azul translúcida. Após a digestão, colocou-se 7 mL de água destilada e 20 mL de hidróxido de sódio 40% no tubo e um erlenmeyer com 10 mL de ácido bórico a 4% e 3 gotas de indicador misto colocado em seu lugar para que ocorresse a destilação até atingir o volume de 50 mL. O destilador foi ligado e o processo de destilação foi iniciado. Após o término da destilação, o erlenmeyer foi retirado e o líquido destilado foi titulado com ácido clorídrico 0,1M padronizado, até a mudança na coloração.

Figura 23 – Amostra e mistura digestora sendo inserias em tubos digestores



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Figura 24 – Aparelho de destilação



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Figura 25 – Etapa da destilação



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Figura 26 – Etapa da titulação



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Figura 27 – Amostra final



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Sendo determinada, então, a massa da amostra em gramas e conhecendo o volume de ácido sulfúrico gasto na titulação, o fator de conversão de nitrogênio em proteína foi 6,5, determinado para conversão de carnes em geral e alimentos com mistura de proteína animal e vegetal, e calculou-se os resultados pela equação abaixo (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008):

$$Proteína(\%) = \frac{K * V * Fator}{P}$$

Onde:

K = Fc x 0,0014 x 100;

Fc = fator de correção da solução de ácido sulfúrico (1);

P = massa da amostra em gramas;

V = volume da solução de ácido clorídrico 0,1 gasto na titulação (0,987);

Fator = fator de conversão do nitrogênio em proteína;

Tabela 19 – Teor de proteína encontrado nas amostras do tipo 1:

Amostra	Identificação	Peso amostra (g)	Peso mistura (g)	Volume de ácido clorídrico 01, M	Proteína (%)
1	ETE	0,2	2,5016	3,7 ml	15,98%
2	ETE	0,2353	2,4855	4,4 ml	16,15%
3	ETE	0,2077	2,5404	3,9 ml	16,22%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Tabela 20 – Teor de proteína encontrado nas amostras do tipo 2:

Amostra	Identificação	Peso amostra (g)	Peso mistura (g)	Volume de ácido clorídrico 01, M	Proteína (%)
7	Orgânico	0,2162	2,4625	3,8 ml	15,18%
8	Orgânico	0,2198	2,5761	4,0 ml	15,72%
9	Orgânico	0,209	2,5333	4,2 ml	17,36%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Tabela 21 – Teor de proteína encontrado nas amostras do tipo 3:

Amostra	Identificação	Peso amostra (g)	Peso mistura (g)	Volume de ácido clorídrico 01, M	Proteína (%)
4	Mineral	0,2775	2,8385	2,7 ml	8,40%
5	Mineral	0,221	2,5088	2,2 ml	8,60%
6	Mineral	0,2029	2,5154	2,2 ml	9,36%

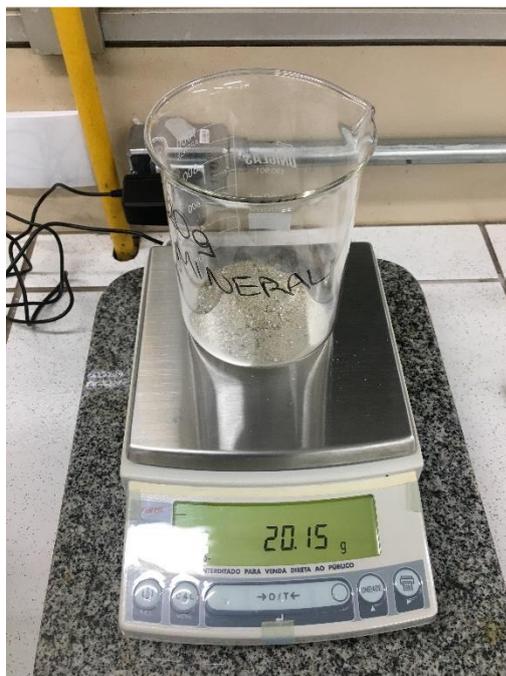
Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2022.

Os valores, portanto, de todas as análises apresentam coerências nos resultados.

As seguintes análises - determinação de amônio, nitrato, potássio e fósforo - foram realizadas aplicando-se a mesma metodologia: Absorção de luz, com o aparelho de fotometria HANNA HI 83099.

A propriedade do fotômetro de bancada é a leitura dos comprimentos de ondas por absorção de luz e, portanto, necessita que os objetos da análise laboratorial sejam em seu estado líquido. Inicialmente, fez-se então a diluição das amostras na proporção de 1:10.

Figura 28 – Pesagem da matéria



Fonte: Próprio autor

Após pesados os 20g, o resíduo sólido foi macerado com almofariz e pistilo para melhor filtração posterior.

Figura 29 – Maceração da matéria



Fonte: Próprio autor.

Por fim, foram adicionados 200 ml de água deionizada e deu-se início à filtração. Para melhor eficiência no processo, foram utilizados filtros à vácuo.

Figura 30 – Filtragem da matéria



Fonte: Próprio autor.

Com a diluição e filtração finalizadas, iniciaram-se as análises no fotômetro, fazendo-se uso do aparelho HANNA HI 83099, os reagentes necessários para reações e as cubetas do conjunto.

Figura 31 – Aparelho de medição HANNA HI 83099



Fonte: Próprio autor.

Figura 32 – Cubetas com branco e amostra reagida



Fonte: Próprio autor.

- Potássio

O potássio quantificado pode ser direcionado em diferentes usos de solos, que variam pelos teores necessários, como mostra a Tabela 22, a seguir (RAIJ, 2021):

Tabela 22 – Interpretação de análise de solos em quantidade de potássio disponível.

Teor	Produção	Presina			
		Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	%	Mg/dm ³			
Muito baixo	0-70	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	71-90	3-5	6-12	7-15	11-25
Médio	91-100	6-8	13-30	16-40	26-60
Alto	>100	9-16	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>100	>16	>60	>80	>120

Fonte: RAIJ, 2021.

A análise foi realizada no aparelho HANNA HI 83099. Além do medidor, utilizou-se de reagentes específicos para cada análise.

Material

Multiparâmetro e curvete.

Reagentes

6 gotas de reagente de Potássio A – código HI93750A-0;

1 saqueta de Reagente de Potássio B – código HI93750B-0.

Procedimento

Acompanhando o manual de instruções para uso do Fotômetro para Análise de Nutrientes (HANNA, 2021), que traz especificações de uso e a metodologia detalhada do processo, foram necessárias as seguintes condições e especificações para a análise:

Gama - 0.0 a 20.0 mg/L (como K);

Resolução 0.1 mg/L;

Precisão $\pm 3,0$ mg/L $\pm 7\%$ da leitura a 25 °C;

Fonte de Luz LED com filtro de banda de estreita interferência no comprimento de onda 466 nm.

No Multiparâmetro, com todos os recursos necessários disponíveis, selecionou-se “Potássio” no método de utilização do aparelho e encheu-se o curvete com 10 mL de mistura (amostra de resíduo seco + água deionizada), adicionando 6 gotas do reagente de Potássio A e, após colocar a tampa do curvete, agitou-se circularmente a solução. Colocou-se o curvete no suporte, então, e a sua tampa foi fechada. Portanto, selecionou-se a tecla “0” e retirou-se o curvete do aparelho. Após, adicionou-se uma saqueta de Reagente de Potássio B no mesmo curvete, colocou a tampa e agitou-se cuidadosamente por 1 minuto. Colocou-se novamente a curvete no suporte e fechou-se a tampa. Pressionou-se “Timer”, aguardou-se e apertou-se “Read”. O aparelho, por fim, fez a indicação dos resultados em mg/L de Potássio.

O potássio quantificado poderá ser direcionado em diferentes usos de solos, que variam pelos teores necessários, como mostra a Tabela 7, a seguir (RAIJ, 2021):

Tabela 23 – Interpretação de análise de solos em quantidade de potássio disponível.

Teor	Produção %	Presina			
		Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
Muito baixo	0-70	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	71-90	3-5	6-12	7-15	11-25
Médio	91-100	6-8	13-30	16-40	26-60
Alto	>100	9-16	31-60	41-80	61-120

Muito alto	>100	>16	>60	>80	>120
------------	------	-----	-----	-----	------

Fonte: RAIJ, 2021.

Resultado

Tabela 24 – Potássio nas amostras (%)

Amostra	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
01	14,5	20	15
02	13	20	15,5
03	20	20	19,5
Média	15,83	20	16,7
DesvPad	3,69	0	2,47

Fonte: Próprio autor

- Fósforo

O fósforo poderá ser direcionado também em diferentes usos de solos, apontado pela Tabela 7, seguinte (RAIJ, 2021):

Tabela 25 – Interpretação de análise de solos em quantidade de fósforo disponível.

Teor	Produção	Presina			
		Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	%	Mg/dm ³			
Muito baixo	0-70	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	71-90	3-5	6-12	7-15	11-25
Médio	91-100	6-8	13-30	16-40	26-60
Alto	>100	9-16	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>100	>16	>60	>80	>120

Fonte: RAIJ, 2021.

Material

Multiparâmetro e curvete.

Reagentes

HI 93706-01;

HI 93706-03.

Procedimento

Segundo as instruções do manual (HANNA, 2021), são as especificações para a análise:

Gama - .0 a 15.0 mg/L;

Resolução 0.1 mg/L;

Precisão $\pm 3,0$ mg/L $\pm 7\%$ da leitura a 25 °C;

Lâmpada de tungstênio com filtro de interferência de faixa estreita a 525 nm

No Multiparâmetro, com todos os recursos necessários disponíveis, foi selecionada a metodologia “Fósforo” e a cubeta de 10 ml foi cheia com amostra não-reagida. O “zero” foi lido para calibrar a medição e, em seguida, a cubeta foi retirada. Adicionou-se na mesma 10 gotas do reagente Molibdato e o aminoácido, passando depois por uma leve agitação. A cubeta foi novamente inserida no equipamento e apertou-se “TIMER”, aguardando o tempo necessário de 5 minutos para a reação. Após, os resultados foram exibidos em mg/L.

Resultado

Tabela 26 – Fósforo nas amostras (%)

Amostra	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
01	15	15	15
02	15	15	15
03	15	15	15
Média	15	15	15
DesvPad	0	0	0

Fonte: Próprio autor

- Determinação de Amônio

No estudo da quantidade de amônio nos resíduos, dá-se a importância na absorção do nitrogênio do solo que, na cultura de arroz, por exemplo, em condições anaeróbicas, é em maior quantidade que o nitrato e gasta menos ATP (adenosina trifosfato) mol^{-1} no processo (CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO).

No fotômetro, não foi possível fazer a leitura das amostras, apontando que havia luz dispersa. Foram feitas novas diluições – numa proporção de 1:100 – mas o aparelho ainda não foi capaz de realizar a leitura.

- Determinação de Nitrato

Resultados:

Tabela 27 – Nitrato nas amostras

Amostra	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
---------	--------	--------	--------

01	0,02	0	0,1
02	0,03	0,03	0,1
03	0,01	0,02	0,1
Média	0,02	0,167	0,1
DesvPad	0,01	0,02	0,0

Fonte: Próprio autor

5. Discussões:

a) Análise dos resultados da caracterização físico-química individual

Como já apresentado no item 4., as análises de umidade, cinza e matéria orgânica apresentaram valores de umidade coerentes entre si. Também foram feitas comparações dos resultados obtidos pelas análises de proteína e potássio com àqueles do laudo de análises do Instituto Campineiro de Análise e Adubo LTDA (vide anexo 1), e os dados, no entanto, apontaram para uma não compatibilidade e, portanto, inviabilidade do uso pela empresa de compostagem que forneceu as amostras para o estudo.

b) Propostas de misturas visando a viabilidade agronômica de utilização como adubo

A partir da caracterização físico-química realizada para cada resíduo de forma individual, realizou-se, apenas para fins de pesquisa acadêmica, um estudo dos padrões agronômicos necessários para utilização dos compostos como adubo.

Dessa forma, a primeira utilização encontrada foi para o resíduo tipo 1, que contém uma proporção aproximada de 1N:1P:1K (uma porção de nitrogênio para uma de nitrogênio e uma de potássio), se caracterizando como um NPK 10-10-10, que possui partes iguais dos três elementos, e possível aplicação em hortaliças e frutíferas (ESTADÃO BLUE STUDIO | SUMMIT AGRONEGÓCIO, 2020).

Referências

AVANCINI, Anita Ribas. **Caracterização de compostos líquidos provenientes de compostagem e sua aplicação em culturas agrícolas**. 2020. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1128952/1/DISSERTACAO-2020-Anita-versao-final.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2021.

BENITES, Vinicius de Melo; CARVALHO, Maria da Conceição S.; RESENDE, Álvaro Vilela; BERNARDI, Alberto C. C.; OLIVEIRA, Fabio Alvares de; POLIDORO, José Carlos. O POTÁSSIO, O CÁLCIO E O MAGNÉSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. In: PROCHNOW, Luís Ignácio. **Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes**. Piracicaba: Ipni, 2009. Cap. 16. p. 100-130.

BARBOSA, Agnes Borchardt. **Da roça à mesa: a produção de alimentos saudáveis a partir de uma alternativa sustentável de comercialização: o caso da feira agroecológica arpa-sul no município de canguçu**, 2017. 89 f. TCC (Doutorado) - Curso de Desenvolvimento Rural, Faculdade de Ciências Econômicas da Ufrgs, Ufrgs, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/179951>. Acesso em: 23 mar. 2021.

BAURU. 2013-2014. RELATÓRIO SÍNTESE PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO VARIÁVEL LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS BAURU 2013/2014. Disponível em: <https://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/arquivos_site/sec_meioambiente/plano_residuos/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%20do%20PMSB%20Bauru.pdf>. Acesso em: 22 Fev. 2021.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A RAPID METHOD OF TOTAL LIPID EXTRACTION AND PURIFICATION. **Canadian Journal Of Biochemistry And Physiology**, [S.L.], v. 37, n. 8, p. 911-917, 1 ago. 1959. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/o59-099>.

BRASIL. 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 61, DE 8 DE JULHO DE 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/sda/Referencias.html>>. Acesso em: 23 Mar 2021.

BRASIL. 2016. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 46, DE 22 DE NOVEMBRO DE 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-46-de-22-11-2016-fert-minerais-dou-7-12-16.pdf>. Acesso em: 15 Mar. 2021.

BRASIL. 2010. PNRs. CONTEÚDO MÍNIMO PARA PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 2010. Infraestrutura e Meio Ambiente, 2021. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cpla/planos-municipais-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2021.

BRASIL. 2009. INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA No 25, DE 23 DE JULHO DE 2009. Dispõe sobre normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Disponível em: <[file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/in-25-de-23-7-2009-fertilizantes-organicos%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/in-25-de-23-7-2009-fertilizantes-organicos%20(2).pdf)>. Acesso em: 16 Mar 2021.

CASA ONU. 2021. Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/>>. Acesso em> 23 Fev. 2021.

CEBDS. **CEBDS**: conselho empresarial brasileiro para o desenvolvimento sustentável. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. [2021]. Disponível em: <https://cebds.org/linha-do-tempo/#y1990>. Acesso em: 09 mar. 2021.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 9., 2015, PELOTAS. CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA OTIMIZAÇÃO DA ORIZICULTURA: ANAIS. BRASÍLIA, DF: EMBRAPA; PELOTAS: SOSBAI, 2015., 2015.

EMBRAPA. 2021. Adubação. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/publicacoes/sist-prod/cevada02/cev6-3-1.htm#:~:text=A%20dose%20de%20nitrog%C3%AAnio%20a,total%20indicado%20na%20Tabela%206>>. Acesso em: 15 Mar. 2021.

EMBRAPA. 2016. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/publicacoes/sist-prod/cevada02/cev6-3-1.htm#:~:text=A%20dose%20de%20nitrog%C3%AAnio%20a,total%20indicado%20na%20Tabela%206>>. Acesso em: 10 Fev 2021.

EMBRAPA. 2015. **Nitrato e amônio no solo: efeitos na eficiência agrônômica e na produtividade de arroz irrigado tropical.** Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128791/1/Silva-Nitrato-Amonio.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

ESTADÃO BLUE STUDIO | SUMMIT AGRONEGÓCIO (org.). O que é NPK e como o adubo deve ser utilizado. 2020. Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/o-que-e-npk-e-como-o-adubo-deve-ser-utilizado/>. Acesso em: 06 ago. 2022.

DATAGEO. **IGR - Índice de Gestão de Resíduos 2019.** 2019. Disponível em: https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?title=Unidades+de+Conserva%C3%A7%C3%A3o+Estaduais+-+Prote%C3%A7%C3%A3o+Integral&uuid=%7B78C287DA-6A35-4771-A40B-4EF574C81ABD%7D&layer=UCS_ESTADUAIS_PI_SP_POL&resource=wms%3Ahttp%3A%2F%2Fdatageo.ambiente.sp.gov.br%2Fgeoserver%2Fdatageowms%2Fwms%3

FSERVICE%3DWMS%26&bbox=-19.920758892,-52.395044226,-44.327386723,-25.301314414&layer=UCS_ESTADUAIS_PI_SP_POL&servidorMetadados=https://da-tageo.ambiente.sp.gov.br/geoportal/csw#. Acesso em: 22 fev. 2021.

FANCELLI, Antonio Luiz; ALMEIDA, E Rodrigo Estevam Munhoz de. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1038118/1/CNPASA2015va.pdf>. 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1038118/1/CNPASA2015va.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2022.

FERREIRA, Astor Martins. **TOMOMETRIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA APLICADA NA DETERMINAÇÃO DE UMIDADE EM AMOSTRAS DE FOSFOGESSO**. Orientador: Prof. Dr. Francisco Rafael Moreira da Mota. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em engenharia mecatrônica) - Nstituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Santa Catarina, [S. l.], 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/2000/TCC%20Astor%20Martins%20Ferreira%20.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 out. 2021.

GUERMANDI, Júlia Inforzato. **Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletada em estabelecimentos alimentícios de São Carlos/SP**. 2015. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-16122015-142245/publico/JULIAINFORZATOGUERMANDI2015_corrigido.pdf. Acesso em: 19 mar. 2021.

HANNA. **Manual de Instruções HI83325**: fotômetro para análise de nutrientes. Fotômetro para Análise de Nutrientes. 2021. Disponível em: <https://www.hanna.pt/fichs/ficheiros/HI83325.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2021.

HANNA. **Fotômetro multiparâmetro para análise de nutrientes das plantas**: hi83325-02. HI83325-02. 2021. Disponível em: <https://www.hanna.pt/produto/hi83325-02>. Acesso em: 26 mar. 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo) (comp.). **Métodos Físico-Químicos Para Análise de Alimentos**. 2008. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 14 mar. 2022.

MELO, Leônidas Carrijo Azevedo; SILVA, Carlos Alberto; DIAS, Bruno de Oliveira. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 101-110, Feb. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000100010&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 13 Mar. 2021.

NASCIMENTO, Marcelo dos Santos *et al.* Avaliação e caracterização do processo de compostagem de resíduos de peixes. **Pubvet: MEDICINA VETERIBÁRIA E ZOOTECNIA**, Manaus, v. 12, n. 11, p. 1-7, 8 dez. 2018. Disponível em:

<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/avaliaccedilatildeo-e-caracterizacc.pdf>.
Acesso em: 19 mar. 2021.

NOLLA, Antonio; ANGHINONI, Ibanor. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 98-111, jun. 2004. Disponível em: file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/410-1767-1-PB.pdf. Acesso em: 19 mar. 2021.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais. Campinas, Instituto Agrônômico, 285p. 2001. Disponível em: <http://ciagro.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/Raij_et_al_2001_Metod_Anal_IAC.pdf#page=190>. Acesso em: 19 Mar. 2021.

REETZ, Harold F. Fertilizantes e o seu uso eficiente / Harold F. Reetz, Jr; tradução : Alfredo Scheid Lopes. – São Paulo: ANDA, 2017. 178 p. il.; PDF. Disponível em: <http://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>. Acesso em: 23 Mar. 2021.

SCHMITZ, Roberta *et al.* LIPÍDIOS MICROALGAIS UTILIZADOS COMO BIODIESEL EM SOLO. **Science & Engineering Journal**. Passo Fundo, p. 1-9. jun. 2015. Disponível em: file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/Lipidios_microalgais_utilizados_como_biodiesel.pdf. Acesso em: 15 mar. 2021.

SCIVITTARO, Walkyria Bueno. **NUTRIÇÃO, CORREÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO**. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/743586/9/Documento74pag019026.pdf. Acesso em: 14 mar. 2022.

SHARMA, V.K., M. Cauditelli, F. Fortuna, G. Cornacchia, Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting: Review, Energy Conversion and Management, Volume 38, Issue 5, 1997, Pages 453-478, ISSN 0196-8904, https://doi.org/10.1016/S0196-8904(96)00068-4. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890496000684>. Acesso em 10 Fev. 2021.

SOBRAL, Lafayette Franco *et al.* **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**. 2006. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042994/1/Doc206.pdf. Acesso em: 14 mar. 2022.

TEIXEIRA, Paulo; DONAGEMMA, Guilherme; FONTANA, Ademir; TEIXEIRA, Wenceslau. Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173620/1/Pt-3-Cap-3-Nitrato-e-amonio.pdf>. Acesso em: 20 Mar. 2021.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de Sustentabilidade**: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: Fgv, 2005. 189 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=EKPPu5y5WyIC&oi=fnd&pg=PA17&dq=sustentabilidade+mundial&ots=vY3DOy0fMe&sig=F3B58PzlCgwEJB17MkcGE4RzSDQ#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 20 fev. 2021.