



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL
CURSO DE AGRONOMIA

RUANNA RIBEIRO BORGES DE SOUZA

**INCORPORAÇÃO DO SUBSTRATO GASTO DE COGUMELOS DE *Pleurotus*
ostreatus NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE LUVISSOLO CRÔMICO DO CARIRI
PARAÍBANO**

AREIA

2020

RUANNA RIBEIRO BORGES DE SOUZA

**INCORPORAÇÃO DO SUBSTRATO GASTO DE COGUMELOS DE *Pleurotus ostreatus*
NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE LUVISSOLO CRÔMICO DO CARIRI PARAÍBANO**

Trabalho de graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia, Centro de
Ciências Agrárias Universidade federal da
Paraíba, em Cumprimento às exigências para
obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias

Co-orientador: MSc. Jhonatan Rafael
Zarate Salazar

AREIA

2020

Ficha catalográfica

S729i Souza, Ruanna Ribeiro Borges de.

Incorporação do Substrato Gasto de Cogumelos de *Pleurotus ostreatus* nos atributos químicos de Luvissolo Crômico do Cariri Paraibano / Ruanna Ribeiro Borges de Souza. - Areia:UFPB/CCA, 2020.

47 f. : il.

Orientação: Bruno Oliveira Dias. Coorientação: Jhonatan Rafael Zarate Salazar.

Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Condicionadores Químicos. 2. Resíduos Lignocelulósico. 3. Semiárido. I. Dias, Bruno Oliveira. II. Salazar, Jhonatan Rafael Zarate. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)

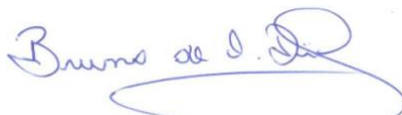
Ruanna Ribeiro Borges de Souza

Incorporação do Substrato Gasto de Cogumelos de *Pleurotus ostreatus* nos atributos químicos de Luvissolo Crômico do Cariri Paraibano

Trabalho de graduação apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias Universidade federal da Paraíba, em Cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovado em: 03/12/2020.

BANCA EXAMINADORA



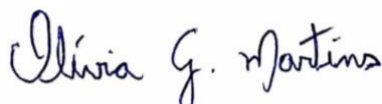
Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias (Orientador)

Centro de Ciências Agrárias
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



MSc. Eng. Agr. Raimundo Oliveira de Cruz Neto

Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



MSc. Biol. Olivia Gomes Martins

Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” (UNESP)

*A Deus por cuidar de mim em toda minha caminhada, me ensinando
que tudo tem seu tempo.*

*Aos meus pais Valdenisio e Delza e minha irmã Renata que sempre
me apoiaram e acreditaram nos meus sonhos.*

E todos aqueles que contribuíram para a minha formação.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, de todo o meu coração, por sempre me conceder forças pra seguir, sei que sempre segurou a minha mão quando eu achava que estava sozinha o Senhor nunca me abandonou;

Aos meus pais, que mesmo longe, se fizeram presentes em todos os momentos de alegria ou dificuldades, me apoiando e deixando claro que eu não estava sozinha, nunca deixaram que eu desistisse dos meus sonhos. Em especial para a minha mãe Delza, que é meu pilar, meu exemplo de mulher, de guerreira, muito obrigada mainha e painho. Amo vocês infinitamente;

À minha irmã Renata que é minha amiga, companheira e sempre se fez presente, sempre comemorou comigo minhas conquistas amo você;

À toda minha família que sempre sonhou junto e torceu pelo meu sucesso;

Ao meu namorado, José Augusto, que sempre esteve ao meu lado, incentivando, me dando apoio em todos os momentos que precisei, sempre torcendo pelo meu sucesso e presente em todos os momentos, sou grata a Deus pela sua vida;

À dona Cristina que se mostrou uma mãe, uma amiga para todos os momentos. Nunca me esquecerei do seu acolhimento;

À minha amiga e companheira de moradia Anne que esteve presente em todos os momentos tornando tudo mais fácil e feliz, me incentivado e sempre buscando o melhor em mim. Te amo amiga;

A todos os amigos que fiz durante essa jornada, que graças a Deus foram muitos e cada um contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional. E em especial a Severino que com certeza tornou tudo mais agradável, com sua alegria e riso fácil, obrigada por cada momento, as vezes me pego lembrando e rindo das nossas palhaçadas;

À Universidade Federal da Paraíba por toda formação e oportunidade que pude receber ao longo desta caminhada;

Ao meu Prof. Bruno Dias por ter me acolhido nos 45 minutos do segundo tempo e ter me dado essa oportunidade;

Ao meu amigo e mentor, Rafael Zárate. A você agradeço de coração toda a ajuda, oportunidades, ensinamentos, companheirismos (nessa jornada que não foi fácil) e pela sua amizade. A você meu querido amigo só tenho a agradecer;

Aos meus amigos Robson e Haimyk que só chegaram para somar e agregar;

Ao Grupo de Pesquisa & Produção de Cogumelos Comestíveis (GPEC) da UFPB que me abriu um mundo novo e com certeza não será o fim.

Meu muito OBRIGADA!

RESUMO

Após o processo de cultivo dos cogumelos obtém-se o substrato gasto de cogumelos (SGC), cultivados em um material de elevado teor lignocelulósico e rico em matéria orgânica, que ao ser incorporado ao solo pode alterar os atributos químicos dele. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência dos substratos gastos de cogumelos (SCG) de *Pleurotus ostreatus* nos atributos químicos de Luvisolo de São João do Cariri - PB. O experimento foi conduzido sob um DIC com arranjo fatorial de $3 \times 2 + 1$ com 3 repetições, onde se utilizaram 3 substratos lignocelulósicos das principais culturas da Paraíba e duas condições *in natura* e SGC mais um tratamento adicional como controle (solo puro). Nesse sentido, os substratos de bagaço de cana, brotos de abacaxi e restolho de milho, todos dosados ao mesmo nível de carbono considerando o restolho de milho como modelo de incorporação (8 Mg ha^{-1}) foram incubados em 100 g de Luvisolo, coletado em área de degradação, no município de São João do Cariri – Paraíba, a 80% de capacidade de campo durante 75 dias, em condições de laboratório com $24,23 \pm 0,94 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e $82,37 \pm 8,77\%$ de umidade relativa. A unidade experimental foi constituída por um pote de 500 mL com 100 g de solo misturada com resíduo lignocelulósico. Após o período incubação dos solos foram analisados os teores de carbono orgânico (CO), fósforo labíl (P), Soma de bases ($\text{SB} = \text{K}^+, \text{Na}^+, \text{Ca}^{+2} \text{ Mg}^{+2}$), saturação por bases (V), acidez trocável (Al^{+3}), acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$), condutividade elétrica (CE), $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCL} e $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$. Os resultados foram submetidos a ANOVA e teste de Scott-Knott ao 5% de significância ($P < 0,05$). Observamos que os brotos de abacaxi e restolho de milho *in natura* incubados no solo apresentaram os maiores teores de CO e P com $23,87 \text{ dag kg}^{-1}$ e $18,14 \text{ dag kg}^{-1}$, respectivamente. Por outro lado, os SGC de brotos de abacaxi apresentaram os maiores teores de CO com $21,44 \text{ dag kg}^{-1}$ e P com $18,95 \text{ dag kg}^{-1}$. Em ambas condições, o bagaço de cana apresentou os menores valores de condutividade elétrica com $192,67 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$ (*in natura*) e $200,90 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$ (SGC) inclusive menor ao observado no tratamento controle ($263,97 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$). Concluí-se que o substrato gasto de cogumelos de brotos de abacaxi e bagaço de cana aumentaram os teores de carbono orgânico, fósforo lábil e reduzem a condutividade elétrica.

Palavras-chaves: Condicionadores químicos do solo. Resíduos Lignocelulósicos. Semiárido.

ABSTRACT

After the mushroom cultivation process, the spent mushroom substrate (SMS) is obtained, grown in a material with a high lignocellulosic content and rich in organic matter, which, when incorporated into the soil, can change its chemical attributes. The objective of the work was to evaluate the influence of the spent mushroom substrates (SMS) of *Pleurotus. ostreatus* on the chemical attributes of Luvisol. The experiment was conducted under a CRD (Completely Randomized Design) with a factorial arrangement of $3 \times 2 + 1$ with 3 replications, using 3 lignocellulosic substrates from the main cultures of Paraíba and two conditions more an additional treatment as a control (pure soil). In this sense, the substrates of sugarcane bagasse, pineapple sprouts and corn stubble, all dosed at the same carbon level considering corn stubble as an incorporation model (8 Mg ha^{-1}) were incubated in 100 g of Luvisol, collected in a degradation area, in the municipality of São João do Cariri – Paraíba, at 80% field capacity for 75 days, under laboratory conditions with $24.23 \pm 0.94 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and $82.37 \pm 8.77\%$ relative humidity. The experimental unit consisted of a 500 mL pot with 100 g of soil mixed with lignocellulosic waste. After the soil incubation period, the levels of organic carbon (CO), labile phosphorus (P), sum of bases ($\text{SB} = \text{K}^+, \text{Na}^+, \text{Ca}^{+2} \text{ Mg}^{+2}$), base saturation (V), exchangeable acidity were analyzed (Al^{+3}), potential acidity ($\text{H} + \text{Al}$), electrical conductivity (EC), $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCL} and $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$. The results were submitted to ANOVA and Scott-Knott's test at 5% significance level ($P < 0.05$). It was observed that in natura pineapple and corn stubble sprouts incubated in the soil showed the highest levels of CO and P with $23.87 \text{ dag kg}^{-1}$ and $18.14 \text{ dag kg}^{-1}$, respectively. On the other hand, the SMS of pineapple sprouts showed the highest levels of CO with $21.44 \text{ dag kg}^{-1}$ and P with 18.95 mg kg^{-1} . In both conditions, sugarcane bagasse showed the lowest values of electrical conductivity with $192.67 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$ (*in natura*) and $200,90 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$ (SMS), even lower than that observed in the control treatment ($263.97 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$). It was concluded that the spent mushroom substrate from pineapple sprouts and sugarcane bagasse increased the levels of organic carbon, assimilable phosphorus and reduced electrical conductivity.

Keywords: Chemical soil conditioners. Lignocellulosic wastes. Semiarid.

Lista de Figuras

Figura 1. Aproveitamento de resíduos lignocelulósicos agrícolas	12
Figura 2. Substrato Gasto de Cogumelos de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivados em restolho de milho	13
Figura 3. Processo de gerenciamento de SGC na indústria de cogumelos.....	14
Figura 4. Mapa de localização do estado da Paraíba, inserido na região Nordeste.....	15
Figura 5. Luvissoilo Crômico.....	16
Figura 6. Mapa da Paraíba - Microrregião do Cariri	21
Figura 7. Temperaturas atual, mínima e máxima durante os 75 dias de incubação.	23
Figura 8. Umidade relativa durante os 75 dias de incubação.	24
Figura 9. Teores de carbono orgânico do solo após 75 dias de incubação com resíduos lignocelulósicos em condições de in natura e de Substrato Gasto de Cogumelo.	31
Figura 10. Teores de fósforo lábil do solo após 75 dias de incubação com resíduos lignocelulósicos em condições de in natura e de Substrato Gasto de Cogumelo	33
Figura 11. Teores de condutividade elétrica do solo após 75 dias de incubação com resíduos lignocelulosicos em condições de in natura e de Substrato Gasto de Cogumelo.	35

Listas de Tabelas

Tabela 1. Características químicas dos três perfis de Luvissoilos estudados sobre gradiente pluviométrico em clima semiárido	18
Tabela 2. Fases da decomposição dos resíduos orgânicos no solo.....	19
Tabela 3. Propriedades químicas do Luvissoilo usado no experimento ¹	22
Tabela 4. Composição química ¹ dos substratos lignocelulósicos <i>in natura</i> e Substrato Gasto de Cogumelos (SGC ²) de <i>P. ostreatus</i>	22
Tabela 5. Teores de pH do solo em diferentes soluções (H ₂ O, CaCl ₂) e o ΔpH, após 75 dias de incubação com resíduos lignocelulósicos em condições <i>in natura</i> e de Substrato Gasto de Cogumelo.....	29
Tabela 6. Análises de fertilidade solo, após 75 dias de incubação com resíduos lignocelulósicos em condições <i>in natura</i> e de Substrato Gasto de Cogumelo.	37

SUMÁRIO

Resumo.....	7
1 Introdução.....	9
2 Referencial teórico	11
2.1 Resíduos agrícolas	11
2.2 Substrato Gasto de Cogumelo (SCG) de <i>P. Ostreatus</i>	12
2.3 Classes de solos da Paraíba: Luvisolos	15
2.4 Mineralização de resíduos orgânicos no solo	19
3 Material e Métodos.....	21
3.1 Descrição da área de estudo.....	21
3.2 Coleta do solo	21
3.3 Obtenção dos substratos lignocelulósicos	22
3.4 Incubação dos substratos	23
3.5 Análises químicas do solo	24
4 Resultados e Discussão	29
4.1 Análise de pH e Δ pH	29
4.2 Carbono orgânico (CO)	30
4.3 Fósforo lábil (P).....	32
4.4 Condutividade elétrica (CE)	34
4.5 Parâmetros de acidez do solo.....	36
5 Conclusões	39
Referências bibliográficas	40

1 Introdução

Os materiais lignocelulósicos representam aproximadamente 60% da biomassa vegetal e pode ser dividido em seis categorias principais: resíduos de colheitas (bagaço de cana, palha de milho etc.), madeira de lei (álamo, alpino e álamo), madeira de conífera (pinheiro e abeto), resíduos celulósicos (papel reciclado, jornais, etc.), biomassas herbáceas (feno de alfafa, caníço-malhado etc.) e resíduos sólidos municipais (KANG et al, 2012). Esses materiais são constituídos por lignina (10% a 30%), hemicelulose (15% a 35%) e celulose (30% a 50%) (DELMER, 1995).

Entre o uso de matérias lignocelulósicos, a reutilização dos resíduos de colheita possui benefícios por ser de baixo custo e por diminuir a problemática do descarte inadequado de resíduos (CARA et al., 2006). O bioprocessamento desse material é de interesse econômico e social, pois estima-se que por ano no Brasil são produzidas cerca de 330 milhões de toneladas de biomassa lignocelulósica (VIRMOND et al., 2012).

Para esse tipo de material ser incorporado ao solo, medidas de pré-aplicação são necessárias devido à sua composição, assim, um tratamento utilizado seria a biodegradação que pode ser realizada através da produção de cogumelos. Este processo possui uma via dupla de benefícios para o produtor, devido a obtenção de cogumelos, um alimento altamente proteico, e por gerar um substrato de mais fácil decomposição ao final da cadeia produtiva (CHANG, 1996).

O consumo de cogumelos no Brasil aumentou e a globalização é um dos principais fatores que influenciam esse cenário já que permite a conexão cultural, onde os hábitos culinários são trocados e se misturam com a necessidade atual por uma alimentação mais saudável (MARTÍNEZ IBARRA, 2019). Países europeus, asiáticos e norte-americanos contam com a maior produção de cogumelos que, para atender a demanda de consumo, investem altos capitais destinados à implementação e manutenção do sistema produtivo. Em países em desenvolvimento, a chave da popularização do consumo e produção de cogumelos pode se centralizar na promoção de sistemas de produção mais acessíveis (VIRMOND et al., 2012).

A produção de cogumelos comestíveis conta com diversas etapas: a escolha e o preparo do substrato para o desenvolvimento do fungo, o processo de inoculação, a colonização, a

frutificação e, por fim, a colheita e a pós-colheita (HANAFI, 2018). Após o período produtivo dos cogumelos, é obtido o Substrato Gasto de Cogumelos (SGC). O SGC é um subproduto do substrato vegetal biodegradado por ação fúngica, representando um volume de aproximadamente 40 a 50% da produção inicial do cultivo (ABREU, 2019). Este resíduo ao ser incorporado ao solo possui a capacidade de fornecer matéria orgânica e minerais, favorecer a atividade microbiana do solo e, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes para as culturas agrícolas (GILARDONI et al., 2016).

O reaproveitamento do Substrato Gasto de Cogumelos deve ser pesquisado pois pode ser empregado no preparo de compostos orgânicos, a fabricação de biofertilizantes e condicionador químico de solos com problemas de desertificação, por exemplo, Neossolos e Luvisolos que ocorrem no semiárido brasileiro (NUNES et al., 2013). Os Luvisolos são o segundo tipo de solo mais ocorrente na Paraíba, representando 17,20% (MEDEIROS, 2018). Essa classe de solo, na região semiárida, é afetada por processos de degradação os quais poderiam ser recuperados através da incorporação de resíduos orgânicos, a exemplo do Substrato Gasto de Cogumelos.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência da aplicação de Substratos Gastos de Cogumelos de *Pleurotus ostreatus*, oriundos de bagaço de cana, restolho de milho e brotos de abacaxi, nos atributos químicos de um Luvisolo crômico degradado.

2 Referencial teórico

2.1 Resíduos agrícolas

O uso de resíduos agrícolas responde à necessidade de minimizar os efeitos do desenvolvimento da sociedade, pois ao reaproveitar esses recursos, em longa escala, favorecem ao solo e ao meio ambiente ao reduzir a liberação de gases de efeito estufa, contaminação do lençol freático, favorece a ciclagem de nutrientes. (LOMBI, 2006). Como exemplo, pesquisas a respeito da reutilização de resíduos lignocelulósicos vem sendo desenvolvidas para minimizar impacto ambiental destes resíduos decorrentes do aumento da produção agrícola (ZÁRATE-SALAZAR et al. 2020). Sabe-se que a agricultura é responsável por grande parte dos impactos na natureza devido ao uso de recursos naturais e descarte inadequado de subprodutos (GONZALEZ et al., 2012).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT (2004), um resíduo sólido é resultado de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviço e de varrição. Segundo a Caracterização Nacional de Resíduos (2017) os resíduos do tipo orgânico equivalem a mais de 50% do total de resíduos sólidos gerados no Brasil, esse valor é resultado da soma de resíduos orgânicos provenientes das atividades agrossilvipastoris e industriais, que anualmente geram 800 milhões de toneladas de resíduos orgânicos.

Quando se trata de resíduos orgânicos gerados pela agricultura, estes são passíveis de transformação, reciclagem e reutilização, seja na produção de energia, manufatura de outros produtos e até mesmo na produção de artesanato (LIMA JUNIOR, 2014). Outra forma de reaproveitamento seria no uso como condicionadores físicos e químicos do solo que, por meio de uma incorporação e dosagem correta, permitiria a utilização desses resíduos como um insumo barato e prático que contribuiria para a reciclagem de nutrientes (EMBRAPA, 2010).

Um dos processos de reciclagem é a biodegradação por meio da fermentação em estado sólido associada à produção de cogumelos comestíveis (PATEL et al., 2010), (Figura 1), assim como à compostagem, que é um processo de decomposição e estabilização biológica por meio de temperaturas termofílicas com presença de oxigênio (SILVA et al, 2008). Como supracitado acima, esses tipos de manejos buscam criar condições adequadas para que os microrganismos decompositores, presentes na natureza, degradem e estabilizem os resíduos orgânicos de forma que não contaminem o meio ambiente. Como resultado pode obter-se alimento e adubos que

servam como condicionadores de solo, promover a reciclagem e redução da perda de nutrientes do solo e proteger o solo da erosão.

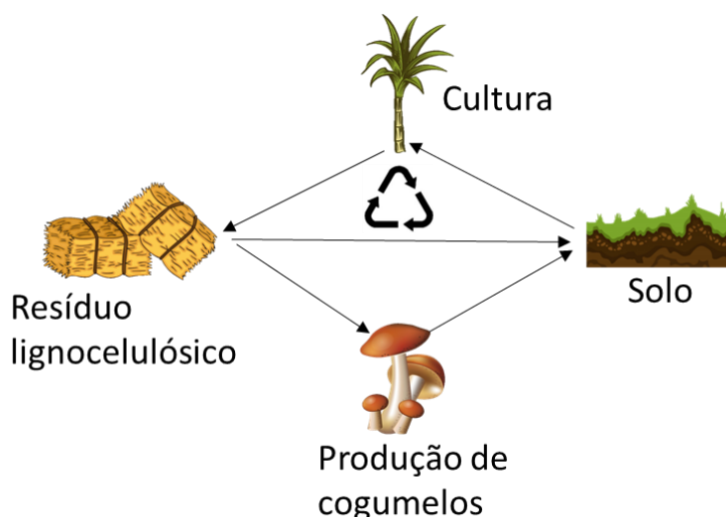


Figura 1. Aproveitamento de resíduos lignocelulósicos agrícolas (SOUZA, 2020).

2.2 Substrato Gasto de Cogumelo (SCG) de *P. Ostreatus*

No mundo existem 5 gêneros de cogumelos comestíveis que mais produzidos, que correspondem a uma oferta de 85% de tudo que é consumido, sendo a *Lentinula edodes*, como a espécie mais cultivada com 22%, seguida das espécies dos gêneros *Pleurotus spp.*, *Auricularia spp.* e *Agaricus spp.* com 19%, 18% e 15%, respectivamente (ROYSE, 2017).

Os fungos são um grupo de microrganismos mais importantes quando se trata de decomposição da matéria orgânica, graças a capacidade especializada de degradação. Esta atividade ocorre, através de sua fase vegetativa ou micelial. Nas fases vegetativa e reprodutiva, a formação de biomassa depende da produção de enzimas extracelulares, que são fundamentais na degradação dos substratos, e principalmente do componente lignocelulósico (VALÁZQUEZ-CEDEÑO et al. 2002).

Existem, especialmente, dois grupos de enzimas responsáveis pela degradação da lignocelulose, as enzimas oxidativas e as hidrolíticas (PAREDES-JUAREZ et al., 2017). As enzimas oxidativas, como exemplo a lacase, a manganês peroxidase e a lignina peroxidase,

atuam na degradação da lignina e reorganizam o meio de crescimento dos metabólitos gerados durante a degradação. A degradação e posteriormente a biotransformação da lignina permite que as enzimas hidrolíticas como a celulase, α -glicosidase, xilanase, dentre outras, atuem nas fontes de carbono, possibilitando a absorção de polissacarídeos pelo micélio, onde constitui a fonte de carbono principalmente para formação dos corpos de frutificação (DURRANT et al. 1991).

Do processo produtivo de cogumelos comestíveis é gerado um material residual pós-colheita denominado “Substrato Gasto de Cogumelo” ou SGC (Figura 2). Assim, o SGC trata-se de um substrato biodegradado obtido ao final do período de colheita dos corpos de frutificação (MOON et al., 2012). De acordo com Ma et al. (2014), calcula-se que por cada quilograma de cogumelo produzido podem ser produzidos entre 5 a 6 kg de SGC.



Figura 2. Substrato Gasto de Cogumelos de *Pleurotus ostreatus* cultivados em restolho de milho (ZÁRATE-SALAZAR, 2015).

Com relação a sua composição, o SGC é um material lignocelulósico, isto é, rico em celulose, hemicelulose e lignina, os quais são provenientes dos resíduos agrícolas utilizados como palha de arroz e restolho de milho (ZÁRATE-SALAZAR et al., 2020), serragem, bagaço de cana, casca de semente de algodão, cascas de cacau e, inclusive, do esterco de cavalo com cama de palha de trigo, feno, esterco de aves, dentre outros (JORDAN et al., 2008).

Na sua composição química os SGC's podem possuir quantidades relativamente altas de nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e até mesmo silício e ferro, propriedades essas que podem ser alteradas de acordo com o tipo diferente de resíduo que for incorporado para a produção do substrato (HANAFI et al., 2018) em comparação a outros adubos orgânicos. De acordo com Rinker (2015), a composição do SGC, em média, pode conter 23,00% de carbono,

5,99% de nitrogênio, 3,42% de magnésio e 4,47% de potássio. Já o esterco bovino curtido, adubo orgânico muito utilizado na agricultura, é constituído de 5,75% de carbono, 1,28% de nitrogênio e 1,20% de magnésio e 0,75% de potássio (OLIVEIRA, 2003).

É importante considerar que o SGC, após a colheita dos cogumelos, ao final do ciclo produtivo, dependendo do manejo e tipo de fungo, muitas vezes não pode ser incorporado de imediato ao solo, sendo necessário que ocorra um tratamento de compostagem, pois a aplicação de forma direta ao solo pode provocar imobilização de nutrientes e afetar as características físicas e químicas do solo (MAHER et al., 2000).

Outro inconveniente que pode ser citado na produção de SGC e, considerado o maior deles, é o seu inadequado descarte no ambiente após a colheita dos cogumelos, pois como a sua produção é grande, devem ser planejados usos alternativos e adequados para que não ocorram eventuais problemas ambientais associados ao acúmulo desses resíduos (ALMEIDA, 2009). Por exemplo, poderia ser usado na biorremediação do solo e da água (LAU et al., 2003), no controle de pragas em diferentes tipos de culturas (WANG, 2000), bem como na alimentação de animais (Figura 3) (LEE., 2011). Segundo Rynker (2017), embora a maioria desses usos não sejam econômicos e ambientalmente viáveis, a sua aplicação na agricultura seria a melhor forma de contribuir na solução de problemas ambientais pois pode ser usado de forma constante.

Muitas pesquisas estão sendo realizadas para avaliar a incorporação do SGC no solo influenciando em características físico-química. Por exemplo, Gumus et al. (2017), na Turquia, verificaram que a aplicação do SGC promove o aumento do carbono e nitrogênio orgânico do solo, no entanto, também da condutividade elétrica. Por outro lado, Lou et al. (2017), na China, verificaram que a incubação de SGC aumentou a quantidade de nitrogênio mineral do solo.

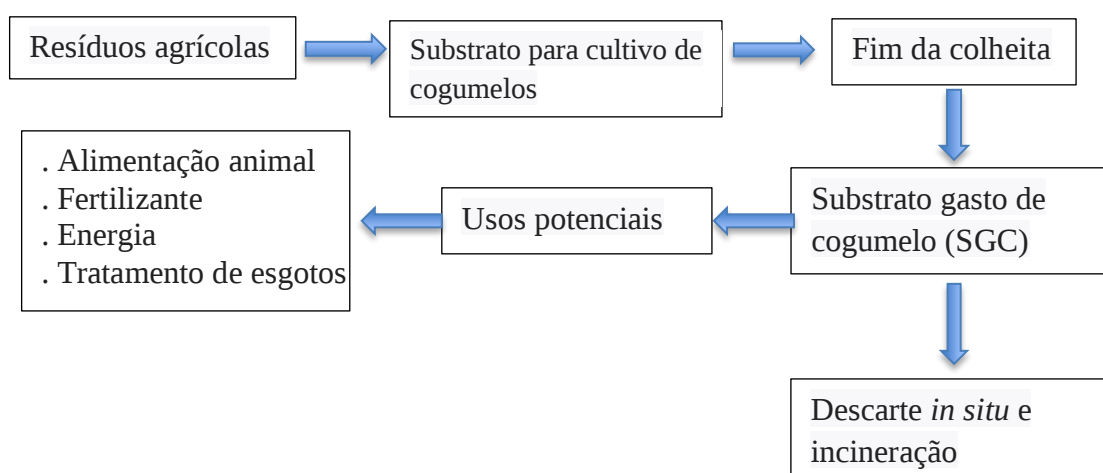


Figura 3. Processo de gerenciamento de SGC na indústria de cogumelos. Adaptado de PHAN E SABARATNAM (2012) por SOUZA (2020).

2.3 Classes de solos da Paraíba: Luvissolos

O conhecimento do tipo de solo e a sua distribuição é fundamental para planejamentos ambientais ou de cunho acadêmicos, pois permitiria apoiar políticas públicas para um correto uso e a sua preservação já que é um recurso natural não renovável na escala humana (TEN CATEN et al., 2011). Um levantamento de solos inclui características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas.

A região semiárida compreende quase a metade do estado da Paraíba (Figura 4) que possui uma área total de 56.468,43 km². Apresenta grande variabilidade e diversidade de solos devido principalmente aos fatores de formação material de origem e relevo. Ocorrendo as seguintes classes, em ordem decrescente de abrangência de área: Neossolos Litólicos, Luvissolos Crômicos, Argissolos Vermelhos e Vertissolos Háplicos (JACOMINE et al., 1972).

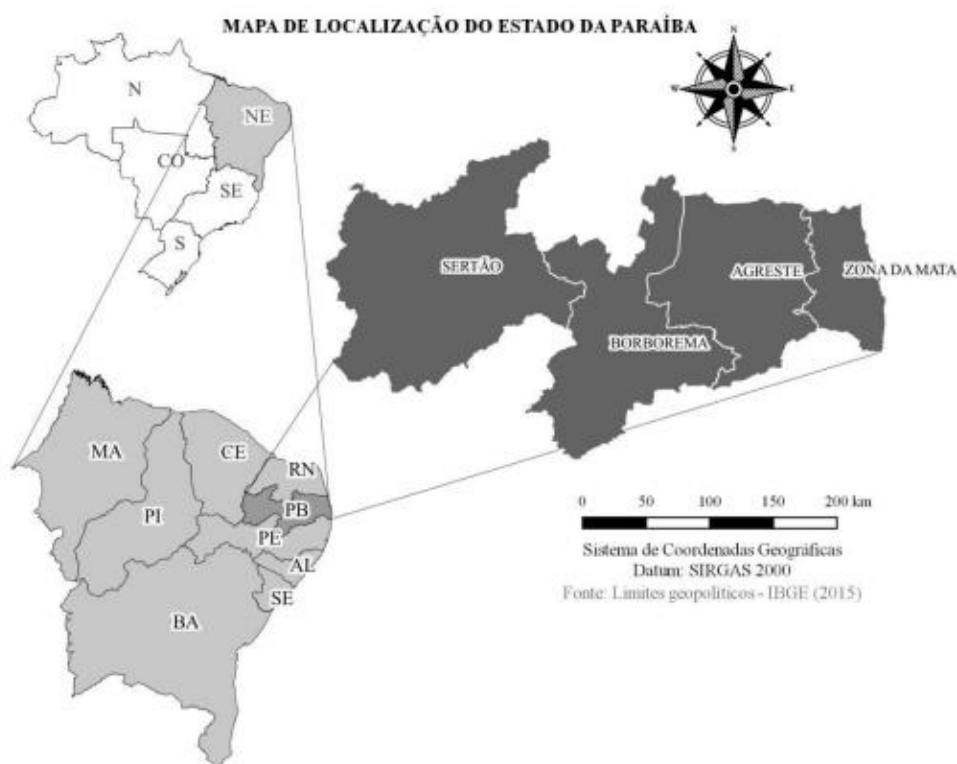


Figura 4. Mapa de localização do estado da Paraíba, inserido na região Nordeste (MEDEIROS, 2018).

De acordo a importância dos solos, os Luvisolos são solos minerais, não hidromórficos, com desenvolvimento expressivo do horizonte diagnóstico B textural em conjunto com uma alta atividade de argilas e alta saturação por bases, imediatamente abaixo de horizonte A ou horizonte E (SOLOS, 2013). As argilas de atividade alta podem ser esmectitas, vermiculitas e montmorilonita, ademais podem apresentar elevada percentagem de saturação de bases, superior a 50% caracterizando como eutrófico.

São solos formados a partir da bissialitização, processo químico onde ocorre a formação de silicatos de alumínio por hidrólise parcial formando argilominerais do tipo esmectita, associada à produção de óxidos de ferro e mobilização da argila que constitui a parte mais superficial. Os Luvisolos caracterizam-se por serem poucos profundos, apresentando em média profundidades menores de 50 cm (Figura 5). Além disso, podem ser subdividido em dois níveis categóricos como Luvisolos Crômicos e Luvisolos Háplicos, este último inclusive pode atingir os 100 cm (EMBRAPA, 2018).



Figura 5. Luvisolo Crômico. Embrapa (2018).

O Luvisolo é considerado como fértil de acordo com suas características químicas, derivado de altas quantidades de nutrientes disponíveis como fósforo e potássio para as plantas (Tabela 1) e, principalmente, com minerais primários como quartzo, feldspato, plagioclásio e moscovita. Ocorre em lugares de relevos ondulados e áreas com déficit hídrico que são

caracterizados com uma média de 800 mm ao ano, sendo esse o maior fator limitante para o uso agrícola (COELHO et al., 2002). Lepsch (2011) afirma que esse tipo de solo engloba cerca de 600 milhões de hectares em todo o mundo.

O Luvisolo distribui-se por boa parte do território brasileiro, em maior quantidade nas regiões como o semiárido do Nordeste, na região Sul e na região Norte (IBGE, 2007). Localizam-se em áreas de relevo ondulado a forte ondulado, com pouca profundidade e altas possibilidades de erosão apresentando limitações ao cultivo agrícola desses solos no estado da Paraíba (SOLOS, 2013).

Para um uso adequado desses solos recomenda-se a utilização de áreas de menor declividade e adoção de manejo para o controle de erosão. As formas mais indicadas de utilização desses solos é a pecuária e a manutenção da vegetação nativa (CAVALCANTE et al., 2005). No Nordeste brasileiro, é utilizado para atividade agropecuária, explorando principalmente a criação extensiva de bovinos, caprinos e ovinos, bem como a produção de forrageiras, como a palma, o sorgo, além do milho e algodão (JACOMINE, 1996).

Tabela 1. Características químicas dos três perfis de Luvisolos estudados sobre gradiente pluviométrico em clima semiárido

Hor.	Prof. (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	COT g kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	K	SB ----- (cmol _c kg ⁻¹) -----	Al ----- (cmol _c kg ⁻¹) -----	H	CTC	Valor V ----- (%) -----	PST ----- (%) -----	m	Cl dS m ⁻¹
P1 - Luvisolo - Muito Seco (Cabaceiras)														
A	0 - 10	7,69	6,48	8,82	7,06	0,49	7,69	0,30	0,43	8,42	91,33	2,02	3,56	
BA	10 - 22	7,32	5,61	5,20	2,30	0,15	8,86	0,30	0,90	10,06	88,07	2,09	2,98	
Btv	22 - 48	7,70	5,41	5,72	3,30	0,05	13,80	0,30	0,74	14,80	92,99	4,38	2,02	
BC	48 - 60	7,27	4,62	3,79	15,66	0,04	17,01	0,33	0,71	18,00	94,24	4,54	2,83	
Cm	60 - 11- +	7,39	4,91	3,17	89,38	0,06	10,67	0,33	0,21	11,16	95,18	6,34	2,94	
P2 - Luvisolo -Seco (Taperoá)														
A	0 - 11	7,67	6,38	9,37	9,89	0,28	10,66	0,30	0,20	11,16	95,52	1,34	2,69	
AB	11 - 24	7,84	6,57	3,39	10,17	0,15	5,27	0,30	0,31	5,88	89,63	2,04	5,10	
Btv	24 - 63	7,13	4,76	3,48	2,25	0,13	10,60	0,30	1,89	12,79	82,88	4,69	2,35	
CBvn	63 - 89	8,10	5,28	3,21	33,67	0,10	11,36	0,30	0,90	12,56	90,45	5,81	2,39	
Cn	89 - 123 +	8,65	6,25	1,16	127,31	0,11	13,80	0,30	0,03	14,13	97,66	8,42	2,12	
P3 – Luvisolo – Subúmido (Alagoinha)														
A	0 - 25	6,01	3,79	7,41	1,32	2,31	0,30	4,30	6,93	33,29	1,30	4,33	2,38	
AB	25 - 36	6,27	3,53	7,05	1,73	4,52	0,30	4,40	9,26	48,82	2,81	3,24	2,93	
Btv	36 - 79	6,25	3,46	5,50	1,63	7,53	0,30	4,20	12,10	62,24	4,71	2,48	2,83	
C/Cr	79 - 140	6,52	3,37	5,27	1,84	7,45	0,30	3,10	10,87	68,53	9,57	2,76	5,12	
Cr/R	140 - 162 +	6,40	3,33	-	2,62	5,73	0,30	2,70	8,75	65,50	9,02	3,43	2,91	

Fonte: SARAIVA, (2016).

2.4 Mineralização de resíduos orgânicos no solo

Na agricultura, os resíduos orgânicos como esterco de animais, palhas, cascas, tortas de mamona podem ser aproveitados de várias formas como condicionadores químicos e físicos do solo por meio da sua compostagem e incorporação (FRANCO, 2010). O reaproveitamento consiste em uma alternativa econômica e ambientalmente viável que, de acordo às doses e indicações recomendadas, elas consigam contribuir à saúde do solo suprimindo as necessidades das culturas, mas sem que haja danos colaterais ou imobilização dos nutrientes do solo como nitrogênio, enxofre ou fósforo (SILVA, 2010).

Segundo Paula (2012), para estabelecer uma dose viável de algum tipo resíduo orgânico é importante considerar a fração mineralizada dele, evitando assim a disponibilização em excesso deles ao solo. Por outro lado, Barros et al. (2013) explicam que a obtenção da fração mineralizada é muito difícil de ser mensurada, principalmente, porque é influenciada pelas condições edafoclimáticas, características do próprio resíduo (relação C/N, C/S e C/P) e até mesmo a forma como ele é mineralizado no solo. Essa mineralização responde à decomposição orgânica dos resíduos em uma forma solúvel, as quais são aproveitadas pelas células microbianas. Essa atividade não se caracteriza como estática, é realizada em fases (Tabela 2).

Tabela 2. Fases da decomposição dos resíduos orgânicos no solo.

Fases	Principais aspectos funcionais
Redução do tamanho das partículas	Fauna do solo promove a fragmentação, ocorre pouca ou nenhuma decomposição nessa fase.
Ataque microbiano inicial	Substâncias mais facilmente decomposta (proteínas, amido e celulose) são atacadas por fungos e bactérias esporulantes, formando biomassa e liberando NH_3 , H_2S , CO_2 e ácidos orgânicos.
Ataque microbiano intermediário	Subprodutos orgânicos e tecidos microbianos são atacados uma variedade de microrganismos produzindo nova biomassa e acentuam-se as perdas de C- CO_2 .
Ataque final	Decomposição gradual dos componentes mais resistentes, como lignina por actinomicetes e fungos especiais.

Fonte: URNS et al. (1968).

O processo de decomposição dos materiais ocorre em fases e isso se dá pelo grau de degradabilidade do resíduo, que está relacionado com a sua quantidade de diferentes substratos e componentes químicos. Sabe-se que todo processo de decomposição é regido pela qualidade do substrato orgânico, que está intimamente relacionado aos seus componentes lignocelulósicos como celulose, hemicelulose, polifenóis e ligninas. Além disso, outros aspectos como, condições ambientais e a microbiota decompositora (MAFONGOYA et al., 1998). Os substratos decompostos são transformados rapidamente em CO₂ e biomassa microbiana, cujo processo pode levar meses ou até mesmo anos para que ocorra toda a degradação e mineralização, produção de CO₂, húmus e biomassa (MAFONGOYA et al., 1998).

A estimativa da fração mineralizada vem sendo realizada a partir de cálculos em condições de laboratório, isto é, sob atmosferas controladas de temperatura e água no solo, tendo como base a relação entre carbono orgânico mineralizado em relação ao que foi adicionado (PAULA et al., 2013).

Trabalhos já estão sendo avaliados para verificar efeitos da incorporação de resíduos lignocelulósicos no solo, França (2007) por exemplo, verificou a influência da incorporação de restolho de milho no solo e na produção de cultivares de café, se mostrando positivos em todas as variáveis estudadas. Novo (2007) verificou e confirmou o efeito da incorporação da palha de cana no desenvolvimento de três cultivares de mamona.

3 Material e Métodos

3.1 Descrição da área de estudo

O solo utilizado no experimento foi coletado no Cariri paraibano que é uma região quefica localizado no ocidente do Planalto da Borborema (Figura 7), composta por 29 municípios, ocupando uma área de 11.233 km² (CANTALICE, 2006).

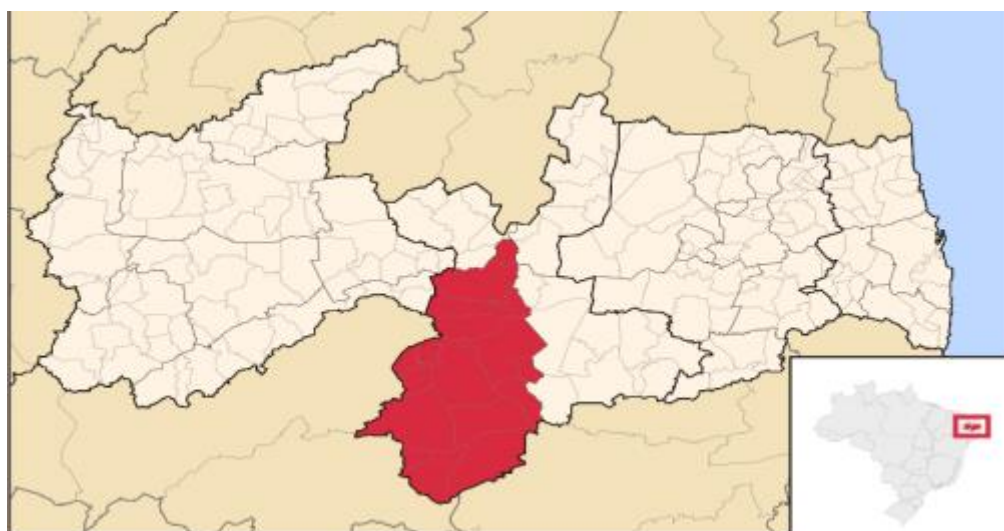


Figura 6. Mapa da Paraíba - Microrregião do Cariri (ANDRADE, 2011).

O experimento foi realizado no Laboratório de Matéria Orgânica do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural, situado na Universidade Federal da Paraíba, no Campus de Ciências Agrárias na cidade de Areia - PB das seguintes coordenadas: 57' 42" Sul, 35° 41' 43" Oeste, à distância de 143 km de João Pessoa.

3.2 Coleta do solo

O solo utilizado foi classificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como Luvisolo Crômico Órtico Solódico, descrito por Saraiva (2016), cujos atributos químicos são descritos na Tabela 3. O solo foi coletado na cidade de São João do Cariri – Paraíba, com as coordenadas Latitude: 7° 23' 27" Sul, Longitude: 36° 32' 2" Oeste, localizada na região semiárida paraibana, na Floresta Tropical Seca Sazonal (BITU et al., 2015) que faz parte do complexo da região do planalto da Borborema (ADENE, 2005).

Tabela 3. Propriedades químicas do Luvisolo usado no experimento¹.

Propriedades	Valores
pH (água)	5,85 ± 0,02
pH (KCl)	4,75 ± 0,00
pH (CaCl ₂)	4,10 ± 0,05
ΔpH	-1,10 ± 0,03
Condutividade elétrica (μS cm ⁻¹)	205,40 ± 0,02
Al+H (cmol _c kg ⁻¹)	1,67 ± 2,78
Fósforo lábil (mg kg ⁻¹)	10,16 ± 0,05
Carbono orgânico (mg g ⁻¹)	17,11 ± 0,00
Soma de bases (cmol _c kg ⁻¹)	4,90 ± 0,00
CTC efetiva (cmol _c kg ⁻¹)	4,90 ± 0,03
CTC potencial (cmol _c kg ⁻¹)	6,58 ± 0,08
Saturação por bases (%)	74,57 ± 0,03

¹Análises químicas realizadas por J. Rafael Zárate-Salazar e Ruanna Ribeiro Borges de Souza (2020) no Laboratório de Matéria Orgânica do Solo (Lab MOS) e Laboratório de Fertilidade e Química do Solo.

3.3 Obtenção dos substratos lignocelulósicos

Os substratos lignocelulósicos *in natura* de bagaço de cana, brotos de abacaxi e restolho de milho, foram coletados em diferentes fazendas do estado da Paraíba. O Substrato Gasto de Cogumelos (SGC) desses substratos foram coletados, cultivados, analisados e fornecidos pelo Grupo de Pesquisa & Produção de Cogumelos Comestíveis (GPEC) da UFPB (Tabela 4).

Tabela 4. Composição química¹ dos substratos lignocelulósicos *in natura* e Substrato Gasto de Cogumelos (SGC²) de *P. ostreatus* fornecidas pelo Grupo de Pesquisa & Produção de Cogumelos Comestíveis (GPEC) da UFPB.

Substrato	Condição	CO --- mg g ⁻¹ ---	N	C / N	P	Celulose	Hemicelulose	Lignina	pH
Bagaço de cana	In natura	386,95	2,48	159,59	0,49	477,12	256,78	107,76	5,53
	SGC	378,69	4,84	64,67	0,30	450,65	181,03	88,91	4,60
Brotos de abacaxi	In natura	374,11	7,21	49,72	2,13	344,36	321,86	51,79	6,80
	SGC	354,61	8,78	36,44	2,30	289,77	177,71	44,24	5,92
Restolho de milho	In natura	353,64	11,28	31,52	0,61	385,13	304,72	71,86	6,90
	SGC	331,05	16,08	24,70	1,79	325,95	174,38	47,82	5,58

¹Análises químicas realizadas por J. Rafael Zárate-Salazar (2019) no Laboratório de Matéria Orgânica do Solo (Lab MOS) e Laboratório de Fibras da Faculdade de Zootecnia. ²Substrato Gasto de Cogumelos foram obtidos do cultivo de *Pleurotus ostreatus* durante 45 dias no módulo de produção de cogumelos comestíveis do GPEC.

3.4 Incubação dos substratos

O experimento foi conduzido sob um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições em condições de laboratório com temperatura de $24,23 \pm 0,94$ °C, temperatura mínima $23,56 \pm 0,79$ °C e temperatura máxima de $26,79 \pm 1,21$ °C (Figura 8) e umidade relativa de $82,37 \pm 8,77\%$ (FIGURA 8 e 9). O solo foi seco ao ar e passado em uma peneira de 2 mm (10 Mesh) e devidamente misturados, do qual 100 g foram colocadas em vaso de plástico de 500 mL, incorporados os substratos e levados para o período de incubação durante 75 dias, respectivamente. Durante todo o período de incubação, a umidade do solo nos vasos foi mantida a 80% da capacidade de campo. Após o período de incubação, os solos foram coletados, secados em estufa a 65 °C por 3 dias, e armazenados em sacos plásticos para posterior análises de fertilidade.

No experimento foram utilizados três substratos diferentes em duas condições: substratos *in natura* e substrato após a biodegradação (SGC), totalizando seis substratos, sendo bagaço de cana, brotos de abacaxi e folhas de bananeira. Foram realizadas três repetições por tratamento.

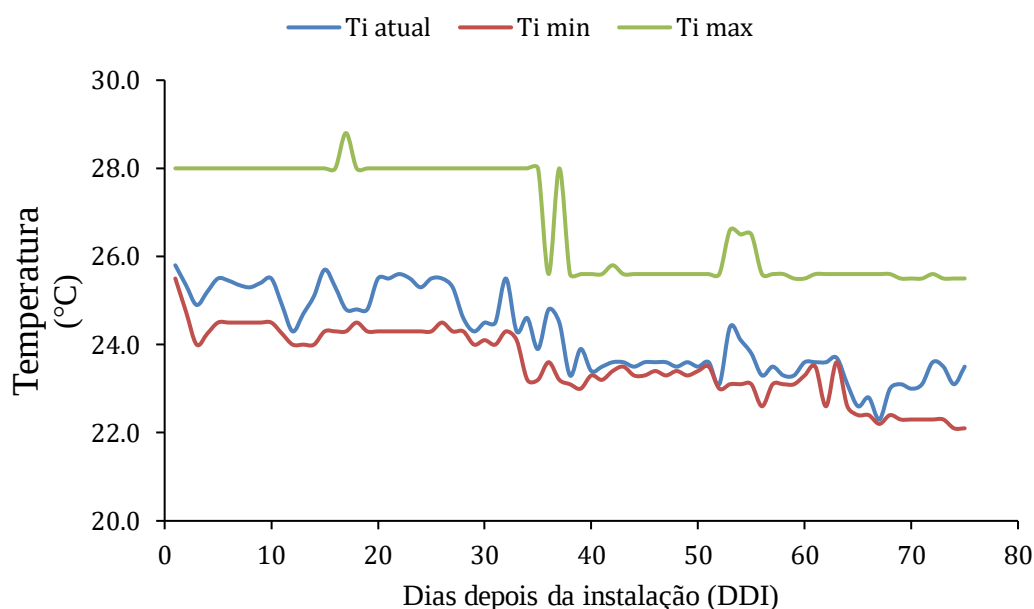


Figura 7. Temperaturas atual, mínima e máxima durante os 75 dias de incubação.

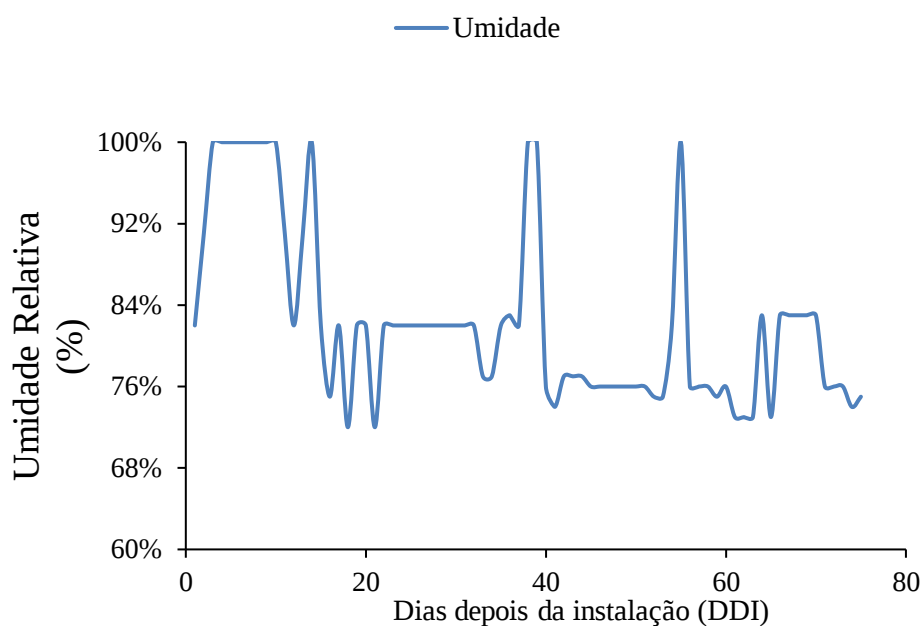


Figura 8. Umidade relativa durante os 75 dias de incubação.

3.5 Análises químicas do solo

Após o período de incubação os atributos químicos como Cálcio trocável (Ca^{+2}), Magnésio trocável (Mg^{+2}), Acidez trocável (Al^{+3}), Acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$), Fósforo lábil (P), Sódio trocável (Na^{+}) e Potássio trocável (K^{+}), pH em água (H_2O), pH em KCL 1M e pH em Cloreto de Cálcio (CaCl_2) 10 mM, foram analisadas de acordo com a metodologia Embrapa (2011, 1997) e pôr fim a determinação da matéria orgânica pelo método da mufla de acordo a Goldin (1987). O fator de conversão utilizado para calcular o carbono orgânico em função da matéria orgânica foi de 1,72 (Fator de Van Bemmelen).

3.5.1 pH (H_2O , KCl, CaCl_2)

O pH significa Potencial Hidrogeniônico e consiste em uma escala que indica a acidez ($\text{pH} < 7$), neutralidade ($\text{pH} = 7$) ou alcalinidade ($\text{pH} > 7$) de um meio. Para determinar o pH do solo colocou-se 10 g de solo em copos de 50 mL de capacidade, adicionou-se 25 mL de água destilada, KCl 1M e CaCl_2 10 mM, respectivamente. As amostras foram misturadas durante 15 segundos com bastão de vidro e levadas para repouso por 30 minutos. Este procedimento foi realizado para a determinação de pH em CaCl_2 e KCl. Para determinar o ΔpH se realizou a

diferença do pH em KCl e pH em água destilada, onde: $\Delta\text{pH} > 0$ (eletropositividade) e $\Delta\text{pH} < 0$ (eletronegatividade).

3.5.2 Acidez trocável (Al^{3+})

A acidez trocável refere-se ao alumínio trocável que estão ligados a superfície dos colóides do solo (RAIJ, 1991). Essa determinação é feita utilizando NaOH como titulante e azul de bromotimol como indicador EMBRAPA (1979). Para a determinação foi pesado 5g de solo em erlenmeyer de 125 mL e adicionou 50 mL de KCl 1 M, foi agitado e deixado em repouso por 12 horas, após o repouso foi retirado 10 mL do sobrenadante e adicionado 3 gotas de azul de bromotimol e titulado com NaOH 0,025M viragem ocorreu do amarelo para verde ou azul. O cálculo usado foi:

$$\text{Acidez trocável} \left(\frac{\text{cmolc}}{\text{kg}} \right) = \frac{V * N * 10}{P}$$

Onde:

V = volume de NaOH gastos na titulação;

N = normalidade do NaOH;

P = peso da amostra em g.

3.5.3 Acidez potencial ($\text{Al} + \text{H}$)

A acidez potencial caracteriza o poder tampão de acidez do solo e sua estimativa acurada é fundamental para se estimar a capacidade de troca catiônica a pH 7,0 e sua extração é realizado com o uso do acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e determinado pelo gasto com solução de NaOH 0,0125 M usando a fenolftaleína 1% como indicador EMBRAPA (1979), deste modo pesou-se 10 g de solo e colocou-se em um erlenmeyer junto com 50 mL de acetato de cálcio durante 12 horas de repouso. Após isso, pipetou-se 10 mL da solução sobrenadante obtida com acetato de cálcio e passou para erlenmeyer de 200 mL, adicionamos 3 gotas da solução de fenolftaleína a 1% e titulou com a solução de de NaOH 0,0125 M até virar do incolor para uma cor rosa. O cálculo usado foi:

$$\text{H} + \text{Al} (\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}) = (a - b)$$

Onde:

a = mL NaOH da amostra

b = mL NaOH da prova em branco

3.5.4 Fósforo lábil (P)

O fósforo é um macronutriente indispensável para o crescimento e produção vegetal, ele participa nos processos de fotossíntese, respiração, divisão celular dentre outros processos. Para a fração do teor total de fósforo no solo primeiro foi feito a curva onde em 5 balões de 50 mL foi adicionado à solução de fósforo nas concentrações 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 ppm com os volumes respectivamente de 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 mL, após foi adicionado 1 gota de P-nitrofenol até tornar-se amarelo, gotas de NaOH 15 N até ter ficado incolor novamente adicionou-se H_2SO_4 a 2,5 N, então adicionou 4 mL da solução B e completou o balão com água deionizada. Após esse processo foi aguardado 45 minutos e enquanto isso foi preparada a amostra, que consiste no mesmo processo da curva, diferindo apenas que antes de colocar todas as soluções foi adicionado 2 mL do extrato da digestão da amostra e são feitas em tubos. Após aguardar os 45 minutos foi realizada a leitura no colorímetro, antes da leitura ajustar o colorímetro para comprimento de onda de 880 nm, calibramos o equipamento com o branco da curva padrão, para em seguida fazer a leitura do restante da curva, após a leitura da curva padrão foram realizadas as leituras das amostras, verificar a cada lote se a calibração não modificou com o mesmo branco de início.

3.5.5 Potássio (K^+) e sódio (Na^+) trocáveis

Potássio e Sódio são elementos que no solo que precisam serem estudados. O potássio por exemplo auxilia na absorção da água pelas plantas e auxilia na regulação e translocação de nutrientes na planta. Já o sódio pode controlar a pressão osmótica nas células da planta, promovendo uma melhor utilização da água. Dentre os métodos para quantificar eles a fotometria é um dos mais fáceis e práticos, sendo assim, para prepara o e extrato que será utilizado na leitura foram pesados 10 g de solo, adicionado 50 mL de Mehlich-1 foi agitado e deixados de repouso por 12 horas. Após esse processo foram diluídos 1 mL desse extrato em 30 mL de água deionizada, agitados e levados para descansar por 30 minutos e posteriormente foram aferidos no fotômetro.

3.5.6 Cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}) trocáveis

O Ca e o Mg trocáveis são extraídos por KCL 1M e determinados por o uso com o EDTA, utilizando como indicador o negro-de-eriocromo – T. Para determinar colocou-se 5 g de TFSA em erlenmeyer de 125 mL, adicionados 50 mL de solução de KCl 1 M, agitados, deixar decantar durante uma noite, e após pipetados 10 mL (solução Ca + Mg) do extrato e passar para erlenmeyer de 125 mL, logo em seguida adicionado 2 mL do coquetel-tampão e adicionado 15 mg (0,15 g) de ácido ascórbico e 2 gotas do indicador negro-de-eriocromo – T por fim titular com sal dissódico de EDTA 0,0125 M. A virada se dá do rosa para o azul-puro. O cálculo utilizado para o teor de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ existente foi:

$$\text{cmol}_c \text{ de } (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}) \text{ kg}^{-1} \text{ de TFSA} = L - \text{Br}$$

Onde:

L = número de mililitros de EDTA 0,0125 M gastos na titulação da amostra;

Br = número de mililitros gastos na titulação da prova em branco.

3.5.7 Cálcio trocável (Ca^{+2})

Extração do Ca é realizado com solução KCL 1 M e determinado com o indicador ácido calcon carbônico. Portanto foram pipetados 10 mL do extrato, o mesmo extrato da determinação do Ca + Mg, passados para erlenmeyer de 125 mL, adicionados 1,5 mL de KOH a 100 g L^{-1} e 15 mg de ácido ascórbico (0,15 g) e 15 mg indicador ácido carbônico do + sulfato de sódio (0,15 g), foi titulado com solução de EDTA 0,0125 M. A mudança ocorreu do vermelho-intenso para o azul-intenso o cálculo do teor de Ca^{2+} foi:

$$\text{cmol}_c \text{ de } \text{Ca}^{2+} \text{ kg}^{-1} \text{ de TFSA} = L - \text{Br}$$

Onde:

L = número de mililitros de EDTA 0,0125 M gastos na titulação da amostra;

Br = número de mililitros gastos na titulação da prova em branco.

3.5.6 Determinação da matéria orgânica pelo método da mufla

O método está baseado na determinação da perda de peso do material submetido à queima em temperaturas de 500°C. A perda de peso fornece o teor de matéria orgânica, a diferença entre o peso original da amostra e o peso de matéria orgânica fornece a quantidade de cinza presente no produto, realizado da seguinte maneira: o solo foi passado pela peneira de 80 mesh e reservado, o cadinho vazio foi pesado também e anotado o valor, após seco em estufa de 105° C e mantido em dessecador, anotando o valor novamente, foi adicionado ao cadinho 1 grama de solo e levados a estufa 105° C de ambos e pesar ambos, após isso, foram levados a mufla, quando atingiu uma temperatura de 500 °C, aguardamos 4 horas e retiramos no dia seguido, permanecendo no dessecador e após o esfriamento finalizando com a pesagem. O cálculo usado foi:

$$\text{MO}(\%) = \frac{P - (T - C) * 100}{P}$$

Onde:

P = peso da amostra depois de aquecidas a 105 °C;

C = Tara do cadinho;

T = peso da cinza + cadinho após 500 °C.

4 Resultados e Discussão

4.1 Análise de pH e Δ pH

Os resultados demonstram que aos 75 dias de incubação todos os substratos lignocelulósicos nas duas condições, *in natura* e SGC, apresentaram influências no pH do solo (Tabela 5), sendo o tratamento controle, significativamente, diferente aos tratamentos fatoriais. Em condições *in natura*, analisando o pH em água observamos que o restolho de milho ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,91$) apresentou o menor valor de pH no solo em comparação e broto de abacaxi ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,98$) bagaço de cana ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 6,02$). Sua condição de SGC, o restolho de milho ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,53$) apresentou o menor valor de pH no solo em comparação com os brotos de abacaxi ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,85$) e bagaço de cana ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 6,11$). É importante destacar que em todos os tratamentos com incorporação dos substratos houve um aumento do pH próximo a 6,0 o que pode se traduzir como a ausência da acidez trocável do solo, portanto, efeito nulo da saturação por alumínio.

Tabela 5. Teores de pH do solo em diferentes soluções (H_2O , CaCl_2) e o Δ pH, após 75 dias de incubação com resíduos lignocelulósicos em condições *in natura* e de Substrato Gasto de Cogumelo (SGC).

Substrato	Condição	pH (H_2O)	pH (CaCl_2)	Δ pH
Restolho de milho	<i>In natura</i>	$5,98 \pm 0,09\text{aA}$	$4,24 \pm 0,06\text{aA}$	$-1,19 \pm 0,13\text{aA}$
	SGC	$5,53 \pm 0,01\text{aB}$	$4,05 \pm 0,01\text{aB}$	$-0,95 \pm 0,05\text{aB}$
Brotos de abacaxi	<i>In natura</i>	$6,02 \pm 0,12\text{aA}$	$4,29 \pm 0,02\text{bA}$	$-1,15 \pm 0,08\text{aA}$
	SGC	$6,11 \pm 0,04\text{cA}$	$4,29 \pm 0,03\text{bA}$	$-1,35 \pm 0,04\text{bB}$
Bagaço de cana	<i>In natura</i>	$5,91 \pm 0,03\text{aA}$	$4,18 \pm 0,01\text{cA}$	$-1,17 \pm 0,03\text{cA}$
	SGC	$5,85 \pm 0,03\text{bA}$	$4,07 \pm 0,03\text{bB}$	$-1,20 \pm 0,06\text{aA}$
Controle	-	$5,47 \pm 0,09^*$	$3,97 \pm 0,02^*$	$-1,04 \pm 0,13^*$

Letras minúsculas diferentes, para substratos dentro de cada condição, e letras maiúsculas diferentes, para condição dentro de cada substrato, indicam diferenças significativas de acordo com o teste Scott-Knott ao 5% significância

Avaliando o Δ pH, todos mantiveram um comportamento eletronegativo o que pode se entender como uma condição eletroquímica favorável na retenção de cátions. Na condição *in natura*, os brotos de abacaxi (Δ pH= -1,15) se caracterizaram por tornar o solo mais eletronegativo em comparação com bagaço de cana (Δ pH= -1,17) e restolho de milho (Δ pH= -1,19). Para a condição de SGC o restolho de milho (Δ pH= -0,95) é o mais eletronegativo em comparação com e bagaço de cana (Δ pH= -1,20) e broto de abacaxi (Δ pH= -1,35). Benites e

Mendonça (1998) e Albuquerque et al. (2000) verificaram que a adição de diferentes fontes de matéria orgânica assim como a adição de calcário, respectivamente, afeta as propriedades eletroquímicas do solo, concluindo que o Δ pH é um bom indicador do potencial elétrico superficial.

O pH em CaCl_2 representa a concentração da solução do solo em condições de campo apresentando menor variabilidade em comparação ao pH em água e KCl (SOUZA et al., 2007). Em condição *in natura*, o menor valor de $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ foi observado em bagaço de cana ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2} = 4,18$) em comparação com o restolho de milho ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2} = 4,24$) e brotos e abacaxi ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2} = 4,29$). Avaliando o substrato em condição SGC, o restolho de milho apresenta o menor pH ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2} = 4,05$) em comparação com o bagaço de cana ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2} = 4,07$) e os brotos de abacaxi ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2} = 4,29$). Comparando as duas condições, *in natura* e SGC, todos os substratos na condição SGC aumentaram o pH do solo. Assim, maior pH, próxima à faixa de 5,5, maior disponibilidade de nutrientes na solução do solo.

O pH é um importante indicador da condição química e fértil do solo, pois um dos seus maiores atributos é possuir capacidade de interferir na disponibilidade de vários elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, favorecendo ou não a sua assimilação por elas (BRADY, 1983). De acordo com Silva e Mendonça (2007), a matéria orgânica do solo exerce um papel fundamental na regulação do pH devido aos seus diversos grupamentos funcionais que apresentam um poder tamponante em uma ampla faixa de pH do solo. Assim, a incorporação de matéria orgânica ao solo permitirá o aumento ou redução do pH do solo. Por um lado, o seu aumento pode responder à redução da atividade de H^+ pela liberação de cátions metálicos ou pela mineralização de formas orgânicas de N.

4.2 Carbono orgânico (CO)

De acordo com os valores quantificados de CO (Figura 10), verificou-se que todos os substratos nas duas condições, *in natura* e SGC, apresentaram uma influência significativa na sua disponibilidade após um período de incubação de 75 dias. Na condição *in natura*, destaca-se que os brotos de abacaxi ($23,87 \text{ mg kg}^{-1}$) disponibilizaram maiores teores de CO quando comparado ao tratamento controle ($18,46 \text{ mg kg}^{-1}$). No caso dos substratos SGC, o resultado variou, indicando aos brotos de abacaxi ($21,44 \text{ mg kg}^{-1}$) e o restolho de milho ($20,35 \text{ mg kg}^{-1}$) como os substratos que disponibilizaram mais CO ao solo.

O aporte de CO pelos brotos de abacaxi em suas duas condições reforça a importância da aplicação desses recursos lignocelulósicos, ainda quando é proveniente de uma das culturas mais representativas da Paraíba, sendo o estado o segundo produtor atualmente (IBGE, 2020). O benefício envolve não somente o uso do seu estado *in natura* (prática comum entre abacaxicultores) senão porque este pode ser usado antes para cultivo de cogumelos e depois ser retornado ao solo. Esta aplicação do substrato gasto de cogumelos pode trazer benefícios quando contemplado dentro de uma economia circular (GRIMM et al., 2018), pois pode ser reaproveitado como adubo (OWAID et al., 2019), empregado como insumo para produção de biogás e ração animal (FAZAELI et al., 2014).

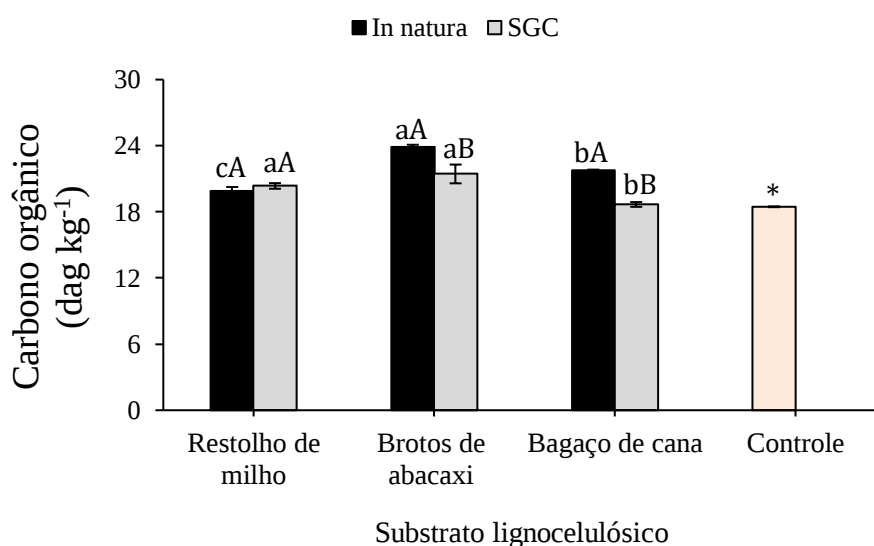


Figura 9. Teores de carbono orgânico do solo após 75 dias de incubação com resíduos lignocelulósicos em condições de *in natura* e de Substrato Gasto de Cogumelo. Letras minúsculas diferentes, para substratos em cada condição, e letras maiúsculas, para condições em cada substrato, indicam diferenças significativas de acordo ao teste de Scott-Knott ao 5% ($P < 0,05$). Média $\pm$ SE, $n=3$.

Sabe-se que a incorporação de matéria orgânica no solo, em princípio, busca proporcionar melhores condições físicas, químicas e biológicas do solo para o desenvolvimento das culturas. De acordo com MOREIRA (2006), o aspecto físico da matéria orgânica do solo favorece a agregação e estabilidade dos agregados assim como maior controle da erosão. O aspecto biológico proporciona energia metabólica e estoque de nutrientes os quais são liberados pela decomposição ocasionada pelos microrganismos. Por sua vez, no aspecto químico do solo, a matéria orgânica devido aos seus altos valores de CTC, entre 150 a 400

cmolc kg⁻¹ e alta superfície específica (>700 m g⁻¹) (DE MELLO, 2014), favorecem a disponibilidade de nutrientes, isto é, a fertilidade do solo.

Segundo DIAS et al. (2010) a quantificação do teor de carbono no solo permite avaliar o grau de humificação dos resíduos. Então, resíduos com maiores chances de humificação significaria uma maior disponibilidade de nutrientes e com aumento do CTC. No presente experimento, foram abordados os aspectos químicos do solo influenciado pela incorporação de resíduos lignocelulósicos como fontes orgânicas provenientes das culturas mais importantes da Paraíba (abacaxi, milho e coco).

O efeito no aumento de CO no solo também foi reportado por GÜMUS et al. (2017) onde evidenciaram que a incorporação e incubação de SGC aumenta mesmo em dosificações baixas (0,5 dag kg⁻¹). No entanto, o método utilizado para a quantificação do carbono orgânico, precisa ser considerado, por exemplo, o método da mufla, utilizado neste experimento, de acordo com SCHUMACHER (2002), tende a superestimar os teores de carbono orgânico total pois na combustão da calcita ou dolomita presentes no solo é medido juntamente com o CO₂ liberado pela combustão da matéria orgânica.

4.3 Fósforo lábil (P)

No presente trabalho, foi possível observar que todos os substratos nas duas condições, *in natura* e SGC incorporados ao solo, apresentaram uma influência na disponibilidade de fósforo lábil após um período de incubação de 75 dias, sendo o tratamento controle significativamente diferente aos tratamentos fatoriais (Figura 11). Quando comparado os substratos na condição de *in natura*, o restolho de milho (17,8 mg kg⁻¹) não apresentam diferenças significativas (17,87 mg kg⁻¹), enquanto broto de abacaxi (15,85 mg kg⁻¹) obteve uma disponibilidade menor que ambos citados.

Quando comparamos restolho de milho e bagaço de cana em condições SGC, identificamos que ambos possuem uma disponibilidade de P e são maiores que o controle, já no caso dos brotos de abacaxi (18,95 mg kg⁻¹) houve uma maior disponibilidade significativa em comparação ao controle (18,46 mg kg⁻¹). Em ambas condições, *in natura* e SCG, houve um maior aporte de P no solo.

A disponibilidade de P lábil nas duas condições de substratos, indica que a incorporação de resíduos no solo é favorável. Destacando os brotos de abacaxi, na sua condição de Substratos Gasto de Cogumelo incorporado ao solo, como o substrato que obteve o maior aporte de P. Esta resposta, forneceria a opção da reutilização de um resíduo que tem um volume

expressivo na Paraíba, por ser uma das maiores culturas cultivadas do estado e abrir possibilidades para a utilização de Substrato Gasto de Cogumelo, já que no Nordeste não possui trabalhos abordando a influência deles na disponibilidade de P. Este comportamento do aumento de fósforo pela incorporação pode responder à competição dos sítios de adsorção pelos ácidos orgânicos liberados dos resíduos no processo de decomposição (PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

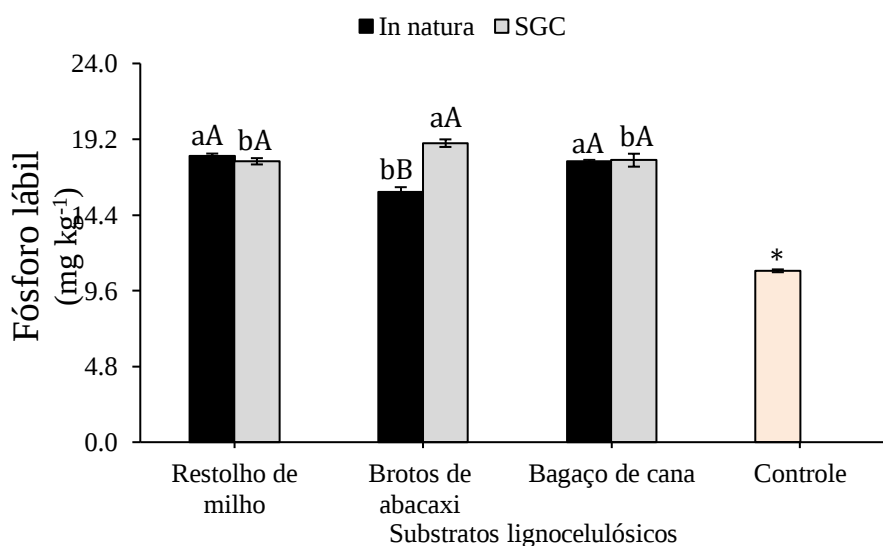


Figura 10. Teores de fósforo lábil do solo após 75 dias de incubação com resíduos lignocelulósicos em condições de *in natura* e de Substrato Gasto de Cogumelo. Letras minúsculas diferentes, para substratos em cada condição, e letras maiúsculas, para condições em cada substrato, indicam diferenças significativas de acordo ao teste de Scott-Knott ao 5% ($P < 0,05$). Média $\pm$ SE, $n=3$.

Um dos desafios de produtores na região do Nordeste, tem sido a manutenção a fertilidade do solo, a incorporação de matéria orgânica é uma saída que oferece nutrientes ao solo e o fósforo é um deles. A dinâmica de P no solo está ligadas a fatores que podem controlar a atividade de microrganismos (SOUZA et al., 2008). Sendo assim, a mineralização de P no solo dependerá da composição do material a ser incorporado, temperatura e clima (FERNANDES et al., 2006). Portanto, o P liberado da biomassa contribuirá para o aumento de P na solução do solo (NOVAIS, 2007).

Estudos associados à incorporação de substratos orgânicos têm sido realizados para avaliar o aporte de P ao solo. Gatto (2010), por exemplo, ao incorporar consórcio,

milheto, braquiária e a junção dos dois (milheto + braquiária), por um período de 100 dias observou que a disponibilidade de P ao solo permaneceu positivo em todo o período de incubação. Além disso, perceberam também que ao final do período de avaliação, ocorreu mineralização P de 63; 67; 77 e 64%, respectivamente.

4.4 Condutividade elétrica (CE)

Após os 75 dias de incubação, todos os substratos em suas duas condições, *in natura* e SGC, apresentaram influência na condutividade elétrica do solo, sendo o tratamento controle diferente aos tratamentos fatoriais (Figura 12). Comparando nas condições *in natura*, o restolho de milho ($265,07 \mu\text{S cm}^{-1}$) apresentou uma maior influência na CE, destacando uma diferença significativa ao controle ($263,97 \mu\text{S cm}^{-1}$). Já os brotos de abacaxi ($246,37 \mu\text{S cm}^{-1}$) e principalmente o bagaço de cana ($192,67 \mu\text{S cm}^{-1}$) que tiveram o efeito contrário, diminuindo assim os níveis de CE no solo. Quando comparado os substratos na condição de SGC o restolho de milho apresentou um valor de CE ($293,73 \mu\text{S cm}^{-1}$) significativamente maior que o controle ($263,97 \mu\text{S cm}^{-1}$), e os brotos de abacaxi ($227,72 \mu\text{S cm}^{-1}$) e restolho de milho ($200,90 \mu\text{S cm}^{-1}$) também conseguiram diminuir o valor de CE. Quando comparamos as condições de substratos entre si, restolho de milho SGC aporta uma maior quantidade de CE, brotos de abacaxi *in natura* CE apresenta maior CE do que a condição SGC, já o bagaço de cana não demonstra diferenças significativas entre si.

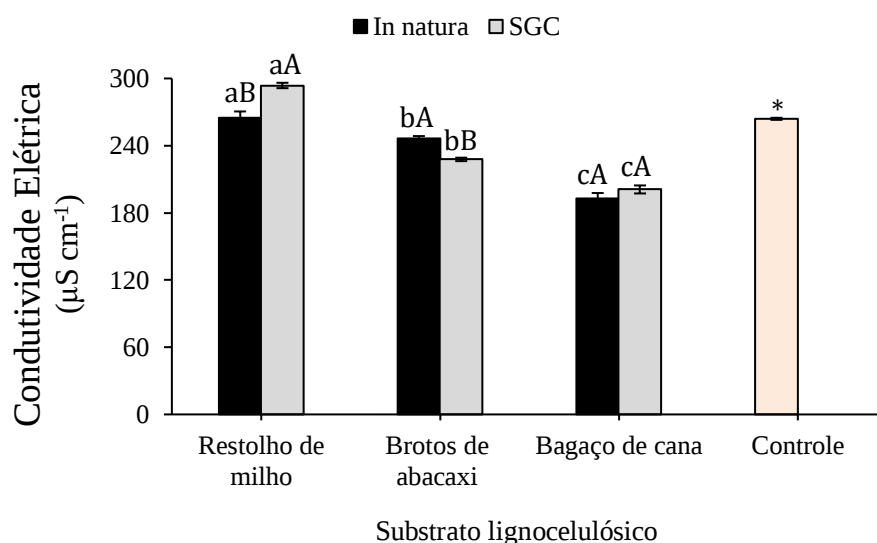


Figura 11. Teores de condutividade elétrica do solo após 75 dias de incubação com resíduos lignocelulosicos em condições de in natura e de Substrato Gasto de Cogumelo. Letras minúsculas diferentes, para substratos em cada condição, e letras maiúsculas, para condições em cada substrato, indicam diferenças significativas de acordo ao teste de Scott-Knott ao 5% ($P < 0,05$). Média $\pm$ SE, $n=3$.

A condutividade elétrica determina a quantidade de sais presentes na solução do solo, portanto quanto mais a quantidade de sais presente em uma solução maior será o valor da CE. TOMÉ JR (1997) aponta que o excesso de sais na zona radicular de um vegetal pode prejudicar a germinação, desenvolvimento e produtividade das plantas. Isso ocorre devido ao efeito osmótico prejudicando a cadeia de processos metabólicos. Considera-se 3 dS m^{-1} como sendo o valor limite de CE para a utilização do composto como corretivo orgânico do solo (SOUMARÉ et al., 2002)

Em regiões de clima árido e semi-semiárido, com pouco índice pluviométrico a condutividade elétrica é um parâmetro bastante utilizado, pois regiões como essas podem apresentar altas concentrações de sais em solução em níveis que prejudiquem o desenvolvimento de certos cultivos (BRANDÃO; LIMA 2002). Outros fatores que podem contribuir para o aumento da CE é a incorporação de resíduos ao solo, devido eles possuírem seus próprios níveis de sais.

O valor de CE pode variar ao longo do processo de degradação de um resíduo, com a mineralização da MO ocorre a formação de sais minerais, consequentemente, a CE pode aumentar, mas quando composto é mais estável e maturado o valor de CE pode diminuir, em

consequências das perdas por lixiviação de substâncias solúveis em água, à precipitação de sais minerais ou à volatilização da amônia (SANTOS, 2012).

Carmo et al (2013) detectaram em trabalho que de fato os resíduos alteram de forma indireta e direta a CE, em seu experimento com o incremento de 14 resíduos orgânicos a CE variou de 66 a 394 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

4.5 Parâmetros de acidez do solo

Verificou-se que os substratos lignocelulósicos após 75 dias de incubação influenciaram as variáveis acidez potencial ($\text{Al}+\text{H}$) e saturação de bases (V), onde o controle foi, significativamente, diferente aos tratamentos fatoriais. No entanto, isso não foi observado na soma de bases (SB), acidez efetiva (t) e acidez potencial (T), onde o controle não foi significativamente diferente (Tabela 6).

Avaliando a acidez potencial do solo incubado com resíduos em condição *in natura*, verificou-se que o solo incubado com bagaço de cana ($1,17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) apresentou o menor valor em comparação com restolho de milho ($1,51 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e brotos de abacaxi ($1,95 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Os solos incubados com SGC, o bagaço de cana ($1,59 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) apresentaram menor valor em comparação com brotos de abacaxi ($1,63 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e restolho de milho ($2,05 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). E comparando as duas condições, *in natura* e SGC, o restolho de milho e bagaço de cana em condições *in natura* foram menores que o SGC, já nos brotos de abacaxi este efeito foi inverso. Um solo ao possuir menor acidez potencial precisaria estequiometricamente menor quantidade de calcário para reduzir seu efeito.

A saturação por bases (V) expressa a relação entre SB e CTC, e é considerado um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade. A partir dessa classificação, os solos podem ser divididos em eutróficos ($V \geq 50\%$) e distróficos ($V < 50\%$). Um índice V% baixo significa que a maioria das cargas negativas dos colóides está sendo neutralizada por H^+ e Al^{3+} , sendo indicado, para grande parte das culturas, valores compreendidos entre 50 e 80 % (LOPES; GUILHERME, 2007).

Tabela 6. Análises de fertilidade solo, após 75 dias de incubação com resíduos lignocelulósicos em condições *in natura* e de Substrato Gasto de Cogumelo (SGC).

Substrato	Condição	Al+H	SB	t	T	V
		----- cmol _c kg ⁻¹ -----				
Restolho de milho	<i>In natura</i>	1,51 ± 0,01bB	5,11 ± 0,14	5,11 ± 0,14	6,62 ± 0,14	77,20 ± 0,49bB
	SGC	2,05 ± 0,05Aa	4,71 ± 0,12	4,71 ± 0,12	6,76 ± 0,06	69,68 ± 1,05Aa
Brotos de abacaxi	<i>In natura</i>	1,95 ± 0,03aA	4,62 ± 0,15	4,62 ± 0,15	6,57 ± 0,15	70,25 ± 0,74aA
	SGC	1,63 ± 0,01bB	4,84 ± 0,04	4,84 ± 0,04	6,48 ± 0,04	74,80 ± 0,23bB
Bagaço de cana	<i>In natura</i>	1,17 ± 0,01cB	5,35 ± 0,20	5,35 ± 0,20	6,52 ± 0,20	81,99 ± 0,52cB
	SGC	1,59 ± 0,03bA	5,45 ± 0,02	5,45 ± 0,02	7,04 ± 0,04	77,47 ± 0,25bA
Controle	-	1,80 ± 0,02*	4,33 ± 0,15	4,33 ± 0,15	6,13 ± 0,18	70,62 ± 0,48*

Letras minúsculas diferentes, para substratos dentro de cada condição, e letras maiúsculas diferentes, para condição dentro de cada substrato, indicam diferenças significativas de acordo com o teste Scott-Knott ao 5% significância.

Avaliando a porcentagem de saturação de bases (V) dos solos incubados por 75 dias com resíduos *in natura* e SGC, observou-se que ao comparar eles na condição *in natura*, os brotos de abacaxi mostraram os menores valores de V (77,25%) em comparação ao restolho de milho (77,20%) e bagaço de cana (81,99%), todos demonstrando caráter eutrófico. Para a condição de SGC, o restolho de milho apresentou um valor de V (69,68%) em comparação com broto de abacaxi (74,80%) e bagaço de cana (77,47%). Comparando as duas condições entre si, os solos incubados, em todos os substratos, se mostraram eutróficos (V>50%), para o restolho de milho e bagaço de cana em condição *in natura* foi superior do que a SGC, em broto de abacaxi *in natura* se apresentou inferior ao SGC. PADUA (2006) ao incorporar amostras vegetais ao solo observou uma elevação nos níveis de saturação por bases ao longo do perfil das amostras de solo variando de 50 a 70%

Outra variável avaliada foi a CTC efetiva (t) que é obtida a partir da soma dos cátions que efetivamente podem ser trocados. Os cátions que são somados são: Ca⁺², Mg⁺², K⁺ e Al⁺³. Não inclui, portanto, o H⁺ que compartilha elétrons com as cargas do solo. Solos com pH muito baixo apresentam baixa capacidade de reter cátions. Verifica-se, também, uma grande perda de nutrientes por lixiviação quando isso ocorre (RONQUIM, 2010).

A CTC potencial (T) representa a capacidade efetiva de troca de cátions do solo ou, a capacidade que o solo possui em reter cátions quando o seu pH está próximo ao seu natural, essa variável leva em consideração a soma de bases mais acidez potencial (MELO et al., 1994). A soma de bases (SB) de um solo é representada pela soma dos cátions básicos (Ca⁺², Mg⁺², Na⁺

e K^+) (RONQUIM, 2010). É importante destacar que os teores de bases trocáveis não são teores totais dos cátions do solo, senão apenas a concentração desses cátions ligados às cargas negativas do solo.

Sendo assim, avaliando as variáveis que não apresentaram diferença significativas na interação fatorial, podemos verificar que o restolho de milho, brotos de abacaxi, bagaço de cana e o controle apresentam efeitos independentes das suas condições. Do mesmo modo, fomos capazes de verificar que a SB e t (CTC efetiva) nas duas condições, *in natura* e SGC, para os brotos de abacaxi ($4,73 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) possuem valores menores em comparação com o restolho de milho ($4,92 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e o bagaço de cana ($5,40 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). E para a variável T a média do bagaço de cana ($6,78 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) é maior em comparação que a média do restolho de milho ($6,69 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e broto de abacaxi ($6,52 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).

SOUZA (2003) detectou que o preparo do solo de forma convencional e mínimo apresentavam valores médios de CTC efetiva e soma de bases, já em sistemas com a incorporação de seringueira apresentavam menores valores de CTC e SB em profundidade, podendo estar ligado a redução do teor de matéria orgânica. A acidez potencial é a junção dos íons H e Al que estão solvidos nos coloides do solo e nos sítios de troca da argila ou matéria orgânica (RAIJ et al., 2001) que podem ser extraídos com soluções de sais tamponantes ou misturas de sais neutros com solução-tampão (PEECH, 1965).

A quantificação da acidez potencial auxilia à toma de decisão no processo da dosificação da calagem pois representa a quantidade de base necessária para neutralizá-la ou, em última análise, a necessidade de calcário aplicado ao solo (KAMINSKI et al., 2002). Segundo Pavinato e Rosolem (2008) a adição de resíduos vegetais pode promover, antes da humificação, a elevação do pH como consequência da complexação de H e Al com os compostos do resíduo vegetal, deixando Ca, Mg e K mais livres em solução, o que pode ocasionar aumento na saturação da CTC por estes cátions de reação básica.

5 Conclusões

1. A incorporação de resíduos lignocelulósicos em condições *in natura* SGC favoreceram o aumento do carbono orgânico no solo, fósforo disponível e reduzem a condutividade elétrica do solo;
2. O pH do solo assim como os atributos químico: acidez potencial, somas de bases, CTC efetiva, CTC potencial e saturação por bases obtiveram um aumento com a incorporação de resíduos biodegradados por meio da produção de cogumelos comestíveis;
3. Os efeitos positivos dos substratos gasto de cogumelos como condicionadores químicos do solo fornecem uma alternativa que contribuem na gestão de resíduos provenientes das principais culturas da Paraíba.

Referências bibliográficas

- ABREU, Carlos. Utilização do substrato pós-cultivo (SMS) de *Agaricus subrufescens* e *Pleurotus ostreatus* na produção de alface e rúcula. Orientador: Diego Cunha Zied. 2019. 79 f. Dissertação de mestrado- **Universidade Federal de Lavras**, Minas gerais, 2019.
- ADENE, D. F. et al. Clinico-pathological and susbandry features associated with the maiden diagnosis of avian influenza in Nigeria. **Nigerian Veterinary Journal**, v. 27, n. 1, p. 32-38, 2005.
- ALBUQUERQUE, Jackson Adriano et al. Propriedades físicas e eletroquímicas de um Latossolo Bruno afetadas pela calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 295-300, 2000.
- ALMEIDA JR, Eduardo Bezerra de et al. Caracterização da vegetação de restinga da RPPN de Maracaípe, PE, Brasil, com base na fisionomia, flora, nutrientes do solo e lençol freático. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 1, p. 36-48, 2009.
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. **Soil biology and biochemistry**, v. 10, n. 3, p. 215-221, 1978.
- ANDRADE, Nilo SF et al. Impacto técnico e econômico das perdas de solo e nutrientes por erosão no cultivo da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 539-550, 2011.
- BARROS, Luísa Antônia Campos et al. Cytogenetic characterization of the ant *Trachymyrmex fuscus* Emery, 1934 (Formicidae: Myrmicinae: Attini) with the description of a chromosomal polymorphism. In: **Annales de la Société entomologique de France (NS)**. Taylor & Francis, 2013. p. 367-373.
- BENITES, V. M.; MENDONÇA, E. S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de diferentes fontes de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 2, p. 215-221, 1998.

BERNARDES, R. S. Fundamentos da respirometria no controle da poluição da água e do solo. Ed. da UnB: **Finatec**, 2005.

BITU, Vanessa de Carvalho Nilo et al. Effect of collection time on composition of essential oil of *Lippia gracilis* Schauer (Verbenaceae) growing in Northeast Brazil. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 18, n. 3, p. 647-653, 2015.

BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. **Bookman Editora**, 1983.

BRANDÃO, Sélis Luiz; DO CARMO LIMA, Samuel. pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado na chapada, em Uberlândia (mg). **Caminhos de Geografia**, v. 3, n. 6, 2002.

CANTALICE, L. R.; MARTINS, M. F.; CÂNDIDO, G. A. Turismo e desenvolvimento sustentável nos assentamentos da reforma agrária do cariri paraibano, 2 XXVI ENEGEP-Fortaleza. CE, Brasil, 2006.

CARA, Cristobal et al. Enhanced enzymatic hydrolysis of olive tree wood by steam explosion and alkaline peroxide delignification. **Process Biochemistry**, v. 41, n. 2, p. 423-429, 2006.

CARMO, L. D. SILVA, A. C. LIMA, B. L. NAVES, P. A. Relação Condutividade Elétrica-Índice de Fertilidade de Solos Incubados com Resíduos Orgânicos. **CBCS Florianópolis – SC**, 2013.

CAVALCANTE, Lourival F. et al. Resposta do maracujazeiro amarelo à salinidade da água sob diferentes formas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 314-317, 2005.

CHANG, S. T.; BUSWELL, J. A. Mushroom nutraceuticals. **World Journal of Microbiology and biotechnology**, v. 12, n. 5, p. 473-476, 1996.

COELHO JUNIOR, Luiz Moreira et al. Avaliação do uso do solo e dos recursos florestais no semiárido do estado da Paraíba. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 1, p. 72-88, 2002.

DE F SILVA, Denise et al. Disponibilidade de sódio em solo com capim tifton e aplicação de percolado de resíduo sólido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 14, n. 10, 2010.

DE MELLO, Rita Marcia Andrade Vaz; CURY, Carlos Roberto Jamil. Lignocellulolytic enzyme profiles of edible mushroom fungi. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 11, n. 26, p. 1087-1117, 2014.

DELMER, Deborah P.; AMOR, Yehudit. Cellulose biosynthesis. **The plant cell**, v. 7, n. 7, p. 987, 1995.

DIAS, Bruno O. et al. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: effect on organic matter degradation and humification. **Bioresource technology**, v. 101, n. 4, p. 1239-1246, 2010.

DURRANT, A. J.; WOOD, D. A. & CAIN, R. B. Lignocelulose biodegradation by *Agaricus bisporus* during solid state fermentation. **Journal of General Microbiology**, 137, 751-755, 1991.

FERNANDES, Milton Marques et al. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na Flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p. 163-175, 2006.

FRANÇA, André Cabral et al. Efeitos de restos culturais de milho no desenvolvimento inicial de cafeeiros. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 3, p. 247-255, 2007.

FRANCO, Ademir et al. Sewage sludge as nitrogen and phosphorus source for cane-plant and first ratoon crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 553-561, 2010.

GATTO, Alcides et al. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1069-1079, 2010.

GILARDONI, Stefania et al. Direct observation of aqueous secondary organic aerosol from biomass-burning emissions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 36, p. 10013-10018, 2016.

GONZÁLEZ, Israel et al. Nanofibrillated cellulose as paper additive in eucalyptus pulps. **BioResources**, v. 7, n. 4, p. 5167-5180, 2012.

GRIMM, Daniel; WÖSTEN, Han AB. Mushroom cultivation in the circular economy. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 102, n. 18, p. 7795-7803, 2018.

GUMUŞ, İlknur; ŞEKER, Cevdet. Effects of spent mushroom compost application on the physicochemical properties of a degraded soil. **Solid Earth**, v. 8, n. 6, p. 1153, 2017.

HANAFI, F. et al. Environmentally sustainable applications of agro-based spent mushroom substrate (SMS): an overview. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 20, n. 3, p. 1383-1396, 2018.

HANAFI, Fatimah Hafifah Mohd et al. Environmentally sustainable applications of agro-based spent mushroom substrate (SMS): an overview. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 20, n. 3, p. 1383-1396, 2018.

JACOMINE, P. K. et al. I. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. II. Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. **Embrapa Solos-Séries anteriores (INFOTECA-E)**, 1972.

JENKINSON, D. S. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. **Soil biochemistry**, v. 5, p. 415-471, 1985.

JORDAN, Siobhan N.; MULLEN, George J.; COURTNEY, Ronan G. Utilization of spent mushroom compost for the revegetation of lead-zinc tailings: Effects on physico-chemical properties of tailings and growth of *Lolium perenne*. **Bioresource technology**, v. 99, n. 17, p. 8125-8129, 2008.

KAMINSKI, J. et al. Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1107-1113, 2002.

KANG, Shimin et al. Hydrothermal conversion of lignin: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 546-558, 2013.

LAU, K. L.; TSANG, Y. Y.; CHIU, S. W. Use of spent mushroom compost to bioremediate PAH-contaminated samples. **Chemosphere**, v. 52, n. 9, p. 1539-1546, 2003.

LEE, Kwang Jae et al. Amino acid and fatty acid compositions of *Agrocybe chaxingu*, an edible mushroom. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 2, p. 175-178, 2011.

LEPSCH, Igo Fernando et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2011.

LIMA JÚNIOR, C. de et al. Estimativa de biomassa lenhosa da caatinga com uso de equações alométricas e índice de vegetação. Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2014.

LOMBI, Enzo et al. Speciation and distribution of phosphorus in a fertilized soil: A synchrotron-based investigation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 6, p. 2038-2048, 2006.

LOU, Zimo et al. Composition variability of spent mushroom substrates during continuous cultivation, composting process and their effects on mineral nitrogen transformation in soil. **Geoderma**, v. 307, p. 30-37, 2017.

MAFONGOYA, P. L.; GILLER, K. E.; PALM, C. A. Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. In: **Directions in Tropical Agroforestry Research**. Springer, Dordrecht, 1998. p. 77-97.

MAHER, M. J. The use of spent mushroom substrate (SMS) as an organic manure and plant substrate component. **Compost Science & Utilization**, v. 2, n. 3, p. 37-44, 2000.

MARTÍNEZ-IBARRA, Alejandra et al. Unhealthy levels of phthalates and Bisphenol A in Mexican pregnant women with gestational diabetes and its association to altered expression of miRNAs involved with metabolic disease. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 13, p. 3343, 2019.

MEDEIROS, Beatriz Macêdo. Atualização da classificação do mapa de solos da Paraíba. 2018.

MELO, W. J. et al. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre fração da matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, n. 3, p. 449-455, 1994.

MOON, Y.H.; SHIN, P.G.; CHO, S. J.. Feeding value of spent mushroom (*Pleurotus eryngii*) substrate. **Journal of Mushroom**, v. 10, n. 4, p. 236-243, 2012.

MOREIRA, FM de S. et al. Biodiversidade do solo em sistemas de uso da terra na Amazônia ocidental. Embrapa Solos-Capítulo em livro científico (ALICE), 2006.

NOVAIS, R.F. Fertilidade do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007.

NOVO, Maria do Carmo de Salvo Soares et al. Efeito da adição de palha de cana-de-açúcar e da aplicação de vinhaça ao solo no desenvolvimento inicial de três cultivares de mamona. **Revista brasileira de sementes**, v. 29, n. 1, p. 125-130, 2007.

NUNES, R. de M. et al. Resíduos agroindustriais: potencial de produção do etanol de segunda geração no Brasil. **Revista liberato**, v. 14, n. 22, p. 113-238, 2013.

OLIVEIRA, Maria Cristina de et al. Teor de matéria seca, pH e amônia volatilizada da cama de frango tratada ou não com diferentes aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 951-954, 2003.

OWAID, Mustafa Nadhim et al. Mushroom-assisted synthesis of triangle gold nanoparticles using the aqueous extract of fresh *Lentinula edodes* (shiitake), *Omphalotaceae*. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 12, p. 100270, 2019.

PÁDUA, Tulio Raphael Pereira de; SILVA, Carlos Alberto; MELO, Leônidas Carrijo Azevedo. Calagem em latossolo sob influência de coberturas vegetais: neutralização da acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 5, p. 869-878, 2006.

PAULA, José Roberto de et al. Mineralização do carbono e nitrogênio de resíduos aplicados ao solo em campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1729-1741, 2013.

PAREDES-JUÁREZ, A. K., VILLEGAS-VILLAREAL, E., DÍAZ-GODÍNEZ, R., & DÍAZ-, G. (2017). Applications of laccase enzymes of *Pleurotus ostreatus*. Aplicaciones de las enzimas lacasas de *Pleurotus ostreatus*, **Mexican Journal of Biotechnology**, 2(1), 135–144

PAVINATO, Paulo Sérgio; ROSOLEM, Ciro Antonio. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. **Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo**, Piracicaba (Brasil), 1991.

RINKER, Danny Lee. Handling and using “spent” mushroom substrate around the world. **Mushroom Biology and Mushroom Products**, UAEM, Cuernavaca, 2015.

RINKER, Danny Lee. Spent mushroom substrate uses. **Edible and medicinal mushrooms: technology and applications**. Wiley, Hoboken, p. 427-454, 2017.

RODRIGUES, EF DA G. et al. Biomassa microbiana de carbono de solos de Itaguaí (RJ): comparação entre os métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 18, n. 3, p. 427-432, 1994.

RONQUIM, Carlos César. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Embrapa Territorial-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2010.

ROYSE, Daniel J.; SÁNCHEZ, José E. Producción mundial de setas *Pleurotus* spp. con énfasis en países iberoamericanos. **La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas** *Pleurotus* spp. El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, p. 17-25, 2017

SANTOS, A. M. C. Avaliação do processo de compostagem de misturas com resíduos vegetais ricos em fitoquímicos. Dissertação de Mestrado, **Instituto Politécnico de Viana do Castelo**, 65 pag. 2012.

SARAIVA, Sebastiana Maely. Caracterização de Luvisolos, Neossolos Regolíticos e Planossolos ao longo de um gradiente pluviométrico no semiárido brasileiro. Tesis de Doutorado em Ciência do Solo) - **Universidade Federal da Paraíba**, Areia-PB, 2016.

SCHUMACHER, Brian A. Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments. 2002.

SILVA, Cataliny Andreza Duarte et al. Interferência da incorporação de matéria orgânica no solo no controle da podridão negra da mandioca, causada por *Scytalidium lignicola*. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, 2011.

SILVA, Enilson de Barros et al. Comparação de métodos para estimar a acidez potencial mediante determinação do pH SMP em Organossolos da Serra do Espinhaço Meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 2007-2013, 2011.

SOUMARÉ, M. et al. Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. **Bioresource Technology**, v. 81, n. 2, p. 97-101, 2002.

SOUZA, Hudson Santos et al. Análise multivariada de atributos químicos e físicos do solo em sistema agroflorestal com teca. **Scientia agraria**, v. 19, n. 1, p. 87-93, 2018.

SOUZA, ZM de; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 1, p. 133-139, 2003.

TEN CATEN, Alexandre et al. Regressões logísticas múltiplas: fatores que influenciam sua aplicação na predição de classes de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 53-62, 2011.

TOMÉ JÚNIOR, Juarez Barbosa. Manual para interpretação de análise de solo. **Guaíba: agropecuária**, v. 19997, 1997.

VÁLAZQUEZ-CEDENO, M.A.; MATA, G.; SAVOIE, J.M. Waste reducing ultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffe pulpe changes in the production of some lignocellulolytics enzymes. **Word Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.18, n.3. 201-207 (7), 2002.

VIRMOND, Elaine et al. Characterisation of agroindustrial solid residues as biofuels and potential application in thermochemical processes. **Waste Management**, v. 32, n. 10, p. 1952-1961, 2012.

WANG, Chaohai et al. Metal–organic framework-derived one-dimensional porous or hollow carbon-based nanofibers for energy storage and conversion. **Materials Horizons**, v. 5, n. 3, p. 394-407, 2000.

WANG, P. C. et al. Characteristics for inhibition of cucumber damping-off by spent forest mushroom compost. **Plant Pathology Bulletin**, v. 9, n. 4, p. 137-144, 2002.

ZÁRATE-SALAZAR, J.R. et al. Use of lignocellulosic corn and rice wastes as substrates for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Jacq.) cultivation. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 11, p. 1-10, 2020.

ZÁRATE-SALAZAR, J.R. Producción y desarrollo de cuatro aislamientos de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) cultivados en restos de cosecha. Tesis para obter el título de ingeniero agrónomo. **Universidad Nacional Agraria La Molina**. p: 117. 2015.