



PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DE SEMENTES (SPAWN) DE MACROFUNGOS COMESTÍVEIS ADAPTADOS AO BIOMA AMAZÔNICO

Production and evaluation of edible macrofungi spawn adapted to the Amazonian biome

Producción y evaluación de spawn de macrohongos comestibles adaptados al bioma Amazónico

Francisco Eduardo Monteiro dos Reis Junior^{1*} & Lara Lima Seccadio²

^{1,2} Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA

^{1*} juniorreisjunior1@gmail.com ² lara.seccadio@ifpa.edu.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 08.08.2025

Aprovado: 08.12.2025

Disponibilizado: 21.03.2026

PALAVRAS-CHAVE: *Pleurotus ostreatus*; spawn regional; fungicultura; substrato Amazônico.

KEYWORDS: *Pleurotus ostreatus*; regionally adapted spawn; fungiculture; Amazonian substrate.

PALABRAS CLAVE: *Pleurotus ostreatus*; spawn regional; fungicultura; sustrato amazónico.

***Autor Correspondente:** Reis Jr., F. E. M. dos.

RESUMO

A produção de macrofungos comestíveis tem se destacado como uma alternativa promissora para diversificação produtiva no Bioma Amazônico, exigindo, no entanto, soluções tecnológicas compatíveis com as condições ambientais locais. Entre os principais desafios, destaca-se o controle de variáveis críticas para o desenvolvimento micelial. Este trabalho teve por objetivo desenvolver spawn de *Pleurotus ostreatus* a partir de matrizes primárias cultivadas sob condições amazônicas. O milho foi utilizado como substrato em duas abordagens metodológicas: Cocção com Tamponamento Mineral (CTM) e Imersão em Solução Açucarada (ISA). Foram avaliados o crescimento micelial, a incidência de contaminação e o desempenho produtivo dos blocos. O spawn preparado pelo método CTM apresentou resultados superiores, com menores taxas de contaminação em relação ao ISA, além de maior Eficiência Biológica (11,51%) e Taxa de Produtividade (8,00%), superando inclusive o spawn comercial. Apesar disso, os parâmetros avaliados (EB, TP, PP e NB) permaneceram abaixo dos valores médios reportados em estudos anteriores. Ainda assim, a utilização de spawn regionalizado demonstrou potencial produtivo, especialmente quando associados a ajustes técnicos, como o manejo rigoroso da umidade, o que pode favorecer o rendimento e impulsionar a fungicultura adaptada à realidade amazônica.

ABSTRACT

The cultivation of edible macrofungi represents a sustainable alternative for productive diversification in the Amazonian Biome. However, it demands technological adaptations compatible with the region's environmental conditions, especially regarding the management of critical factors for mycelial development. This study aimed to develop spawn of *Pleurotus ostreatus* from primary isolates cultivated under Amazonian conditions. Corn was used as a substrate, comparing two preparation methods: Mineral-Buffered Boiling (MBB) and Immersion in Sugar Solution (ISS). Mycelial growth, contamination, and productive performance were analyzed. The MBB method yielded the best results, with lower contamination rates compared to ISS, and higher Biological Efficiency (11.51%) and Productivity Rate (8.00%), surpassing the commercial spawn. Nevertheless, the overall performance indicators (BE, PR, PP, and NB) were below average values reported in the literature. Despite this, the production of regionally adapted spawn shows promise, especially if environmental adjustments, such as improved humidity control, are implemented to enhance yield and support the consolidation of local fungiculture.

RESUMEN

El cultivo de macrohongos comestibles representa una alternativa sostenible para la diversificación productiva en el Bioma Amazónico. No obstante, requiere adaptaciones tecnológicas compatibles con las condiciones ambientales de la región, especialmente en lo que respecta al manejo de factores críticos para el desarrollo del micelio. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar spawn de *Pleurotus ostreatus* a partir del aislamiento de matrizes primarias cultivadas en condiciones amazónicas. Se utilizó maíz como sustrato, comparando dos métodos de preparación: cocción con tamponamiento mineral (CTM) e inmersión en solución azucarada (ISA). Se analizaron el crecimiento micelial, la contaminación y el rendimiento productivo. El método CTM presentó los mejores resultados, con menor tasa de contaminación en comparación con ISA, y mayor eficiencia biológica (11,51%) y tasa de productividad (8,00%), superando al spawn comercial. Sin embargo, los indicadores generales de desempeño (EB, TP, PP y NB) estuvieron por debajo de los valores medios reportados en la literatura. A pesar de ello, la producción de spawn adaptado regionalmente muestra potencial, especialmente si se realizan ajustes ambientales, como el control de la humedad, para optimizar el rendimiento y fortalecer la consolidación de la fungicultura local.

INTRODUÇÃO

A crescente valorização dos macrofungos comestíveis reflete a busca por alimentos saudáveis, funcionais e de produção ambientalmente sustentável. Popularmente chamados de cogumelos, esses organismos reúnem alto teor proteico, baixa densidade calórica e compostos bioativos com potencial farmacológico, justificando seu destaque na gastronomia e na indústria (Urban, 2017; Rodrigues & Okura, 2022).

Atualmente, a produção de *spawn* de macrofungos no Brasil é tradicionalmente associada às regiões como Sul e Sudeste, cujas linhagens são adaptadas a condições climáticas e substratos distintos do Bioma Amazônico. Essa incompatibilidade pode comprometer o desempenho micelial, reduzir a eficiência produtiva e dificultar o acesso de produtores locais a insumos de qualidade (Urban, 2017). Isso limita o desenvolvimento da fungicultura regional e evidencia a necessidade de soluções tecnológicas adaptadas às condições amazônicas.

O desenvolvimento de *spawn* regional, utilizando substratos disponíveis localmente, contribui diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 (Paula & Pontes, 2023), especialmente o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ao fortalecer a produção local de alimentos; o ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), por meio da geração de emprego e renda; e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao promover valorização de resíduos agroindustriais e adoção de sistemas produtivos sustentáveis.

A consolidação do Bioma Amazônico como polo produtor de macrofungos exige o desenvolvimento de tecnologias adaptadas, tanto para produção de *spawn*, garantindo maior resiliência produtiva, quanto para o uso de substratos regionais, promovendo a circularidade dos recursos naturais e o acesso facilitado aos insumos (Coelho, 2021). Estudos recentes indicam essa necessidade: Furtado e Pereira (2024) investigaram o crescimento micelial de linhagens primárias e secundárias de *Pleurotus* spp. isoladas de basidiomas amazônicos, com desempenho satisfatório em meio BDA. Souza e Sousa (2023) avaliaram substratos formulados com caroço de açaí e capim-elefante no cultivo de *P. sajor-caju* e observaram bons resultados produtivos, indicando o potencial desses resíduos como alternativa regional viável.

O cultivo de macrofungos, ao integrar resíduos agroindustriais, apresenta-se como uma via promissora para otimizar recursos e reduzir custos de produção. Essa prática contribui para a valorização de subprodutos, promove a gestão sustentável de resíduos e torna o cultivo mais acessível, resultando em sistemas produtivos mais ecológicos e eficientes (Oliveira, 2018).

Dentre os resíduos de maior disponibilidade no Bioma Amazônico, destacam-se o caroço de açaí (*Euterpe oleracea*) e o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), utilizados neste estudo como componentes do substrato. O beneficiamento do fruto do açaí é amplamente gerado como resíduo agroindustrial, e descrito como subproduto de elevada disponibilidade e potencial biotecnológico, com relevância ambiental e bioeconômica (Igreja et al., 2023).

Assim, desenvolver tecnologias adaptadas à realidade amazônica, com foco na produção do *spawn* regional, é fundamental para melhorar a eficiência do cultivo e garantir a qualidade do *spawn*. Dentre as espécies comestíveis, *Pleurotus ostreatus* destaca-se por sua rusticidade, ampla aceitação comercial e capacidade de adaptação a diferentes substratos (Urban, 2017). Com isso, este estudo teve como objetivo desenvolver *spawn* de macrofungos a partir do isolamento de matrizes primárias de *Pleurotus ostreatus* cultivadas no Bioma Amazônico.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e Preparo da Matéria-Prima

As espécies de macrofungos foram obtidas na empresa Cogumelos do Sítio (Agroflora Tropical Ltda), localizada em Benevides, Pará. Os basidiomas foram acondicionados em embalagens de poliestireno expandido (EPS) com revestimento de filme de polietileno (PE) e transportados ao Instituto Federal do Pará, *campus* Castanhal, para produção da matriz primária.

Produção da Matriz Primária e Secundária (Repique)

Fragmentos de tecido fúngico foram assepticamente transferidos para placas de Petri (60 × 15 mm), contendo 15 mL do meio de cultura Batata Dextrose Ágar (BDA), seguindo a metodologia descrita por Rosa (2022). As placas foram incubadas a 25 °C até a colonização total. Discos de 10 mm foram então utilizados para repique em novas placas com BDA e incubadas a 25 °C, conforme metodologia descrita por Furtado & Pereira (2024). Os repiques foram utilizados para a produção do *spawn*.

Produção de *Spawn* de Grãos de Milho

Grãos de milho (*Zea mays* L.) adquiridos comercialmente foram utilizados para a produção do *spawn*. A avaliação metodológica comparou duas abordagens distintas de preparo: a metodologia CTM foi inserida por ser amplamente documentada na literatura científica como eficiente na estabilização do pH e controle de contaminações, por meio do uso de tamponantes minerais, como carbonato de cálcio (CaCO₃) e gesso agrícola (CaSO₄·2H₂O), como descrito por Oliveira et al. (2007).

Já a metodologia ISA foi incorporada por corresponder a um procedimento adotado pela empresa Agroflora Tropical, produtora dos cogumelos utilizados neste estudo, representando uma alternativa prática com menor complexidade operacional. Essa comparação visou avaliar a viabilidade técnica de métodos tradicionais e regionais no desempenho do *spawn* produzido. Sendo que o desempenho micelial foi avaliado com base em parâmetros de crescimento total (cm), dias com crescimento visível e velocidade média de crescimento (VMC) em cm/dia, que foi determinada (Equação 1).

$$VMC \text{ (cm/dia)} = \text{Crescimento total (cm)} / \text{Dias com Crescimento (1)}$$

Imersão Em Solução Açucarada (ISA)

Os grãos de milho foram lavados e imersos por 24 horas em solução de açúcar a 0,5% a 27 ± 2 °C, conforme protocolo interno da Agroflora Tropical Ltda. Após drenagem, foram porcionados (100 g) em sacos de PEAD e esterilizados a 121 °C por 60 minutos.

Cocção Com Tamponamento Mineral (CTM)

Os grãos foram submetidos à cocção em água destilada (1/2: 2 m/v) por 15 a 20 minutos, drenados, suplementados com carbonato de cálcio (1%) e gesso agrícola (3-5%), foram porcionados (100 g) em sacos de PEAD e esterilizados a 121 °C por 60 minutos, segundo Oliveira et al. (2007), com adaptações.

Inoculação nos Grãos de Milho

Realizou-se com micélio de *Pleurotus ostreatus* proveniente de matrizes secundárias. A quantidade de micélio inoculada foi estimada em aproximadamente 9,0 mg/100 g de milho, resultado obtido a partir da metodologia de Determinação da Biomassa Fúngica Seca (Mms) descrita por Vargas e Ishikawa (2008), adaptada de Furtado e Pereira (2024). Os blocos de milho foram vedados com esponjas e elásticos estéreis e mantidos em câmara BOD a 27 ± 2 °C até a completa colonização. Foram feitas 11 réplicas por tratamento, totalizando 22 blocos experimentais. O crescimento foi monitorado diariamente com

medições lineares com régua quadriculada, conforme Borah et al. (2019). Para a avaliação do desempenho micelial, os dados foram calculados exclusivamente a partir dos blocos que atingiram colonização completa (100%), ou seja, sem contaminação.

Produção do Substrato Lignocelulósico

A formulação do substrato regional (SR) utilizou 19,5% de caroços de açaí (*Euterpe oleracea* Mart), 58,5% de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.), e foi suplementada com 20% de farelo de milho e 2% de gesso agrícola. Essa formulação foi otimizada por Souza e Sousa (2023), aproveitando o caroço de açaí por ser um substrato amplamente disponível no Bioma Amazônico. Os ingredientes foram obtidos localmente: o caroço de açaí foi doado de um ponto de beneficiamento no município de Castanhal (PA), o capim-elefante foi colhido manualmente em área de vegetação nativa do IFPA, e o farelo de milho e gesso agrícola foram adquiridos em comércios agropecuários locais.

Os ingredientes secos foram homogeneizados e umedecidos para 60% via balanço de massa. Esse valor foi definido com base nos parâmetros indicados por Franco et al. (2021), que utilizaram substratos com umidade entre 50% e 75% no cultivo de *Pleurotus ostreatus*, consideradas ideais para o desenvolvimento micelial. Porções de 80 g foram acondicionadas em sacos de PEAD e esterilizadas em autoclave a 121 °C por 60 minutos. Após resfriamento, os blocos foram utilizados para inoculação, conforme métodos adaptados de Santos et al. (2021) e Urben (2017).

Inoculação do *Spawn* no Substrato Lignocelulósico

A inoculação utilizou 25% de *spawn* sobre a massa total do substrato. Os sacos foram vedados com esponja e elásticos estéreis e mantidos em câmara BOD a 25 - 28 °C até completa colonização. Pequenas aberturas foram feitas nos sacos para transferência à sala de formação de basidiomas do IFPA, Campus Castanhal. As condições de temperatura e umidade relativa do ar (UR) foram monitoradas diariamente por meio de termo-higrômetro digital, com registros médios de 26 ± 2 °C e UR de $60 \pm 5\%$. Foram utilizadas três categorias de *spawn*: CTM e ISA (produzidos experimentalmente neste estudo), e uma terceira adquirida da empresa Funghi e Flora, caracterizada como *spawn* comercial.

Caracterização da Etapa de Formação de Basidiomas

Durante o ciclo produtivo da formação dos basidiomas, a viabilidade produtiva dos substratos foi determinada a partir da Eficiência Biológica (EB), conforme Zárate-Salazar et al. (2020), expressa em % (Equação 2). A Taxa de Produção (TP) foi determinada conforme Estrada e Pecchia (2017), expressa em % (Equação 3). O Período Produtivo (PP) foi determinado conforme León-Avendaño et al. (2013) (Equação 4). O Número de Basidiomas (NB) foi determinado conforme Estrada & Pecchia (2017) (Equação 5). Para a etapa de formação dos basidiomas, foram utilizados apenas os blocos que atingiram colonização completa e apresentaram viabilidade produtiva, totalizando $n = 9$ por tratamento.

$$EB (\%) = (\text{peso fresco (g)} / \text{Peso seco substrato inicial (g)} \times 100) \quad (2)$$

$$TP (\%) = (\text{peso fresco (g)} / \text{Peso do substrato inicial úmido (g)} \times 100) \quad (3)$$

$$PP (\text{dias}) = (\text{data de colheita} - \text{data de inoculação}) \quad (4)$$

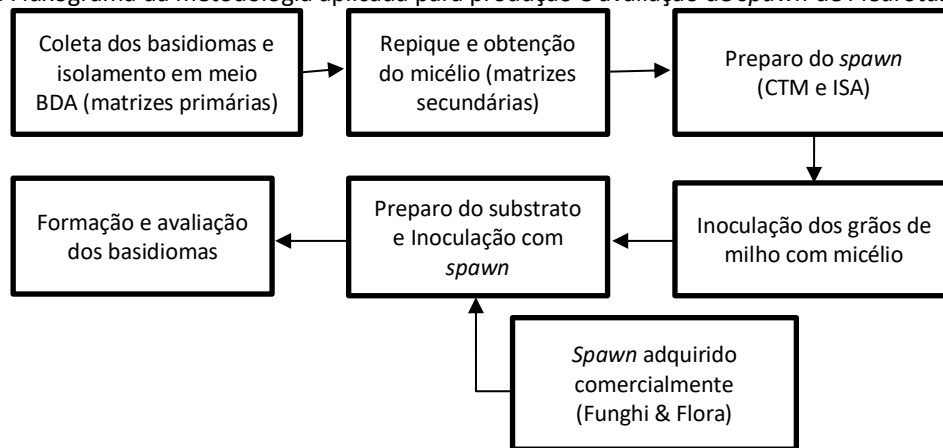
$$NB = \sum n^{\circ} \text{ total de basidiomas} \quad (5)$$

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), utilizando o software BioEstat 5.0.

Por fim, a Figura 1 apresenta um esquema simplificado da metodologia aplicada, abrangendo desde a coleta dos basidiomas até a avaliação dos parâmetros produtivos.

Figura 1. Fluxograma da metodologia aplicada para produção e avaliação de *spawn* de *Pleurotus ostreatus*



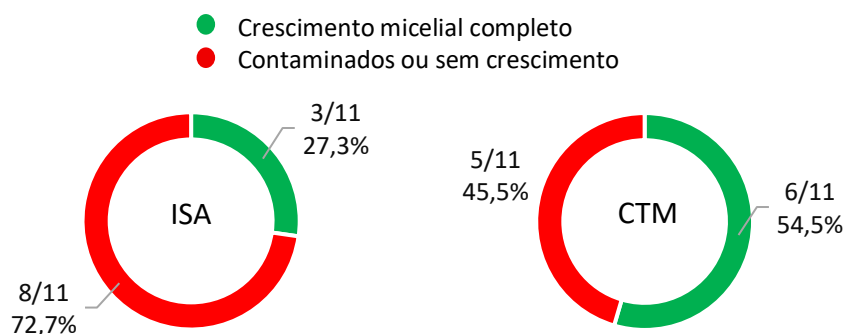
Fonte: Autores (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Contaminação do *Spawn* e Implicações na Viabilidade Produtiva

Observou-se contaminações em ambas as metodologias de preparo do *spawn* (Figura 2). Cita-se que o método ISA apresentou maior prevalência de contaminação ou ausência de crescimento, com baixa taxa de colonização micelial completa. Já o método CTM obteve melhores resultados. A menor taxa de contaminação no CTM pode estar relacionada ao uso de tamponantes como carbonato de cálcio (CaCO_3) e gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), os quais favorecem a aeração, estabilidade do pH e evitam aderência dos grãos, promovendo melhores condições para o desenvolvimento micelial (Beje et al., 2023). A cocção prévia também pode ter contribuído para redução da carga microbiana inicial, conforme Gupta et al. (2020).

Figura 2. Percentual de crescimento micelial completo e contaminação em *spawn* produzidos pelos métodos ISA e CTM (n = 11 por tratamento)



Fonte: Autores (2025).

Gupta et al. (2020) notaram que um processamento térmico envolvendo três fervuras expôs máxima eficiência no controle de contaminantes fúngicos e bacterianos, coibindo a contaminação fúngica em até 78,33%. Todavia, uma redução de até 98,66% na contaminação fúngica e bacteriana foi obtida com três autoclavagens. Entre os antibióticos, a aplicação de tetraciclina (50 $\mu\text{g/kg}$) resultou na redução de 98,33% da contaminação bacteriana no *spawn*. A contaminação do *spawn* abrange agentes fúngicos, bacterianos e, em ambientes de produção, vírus que podem associar-se a níveis elevados de bolor e queda de rendimento. Os microrganismos frequentemente relatados são *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium* e *Bacillus* (Gupta et al., 2020). Conhecer essas categorias ajuda a direcionar detecção, controle e práticas preventivas.

Para aprimorar o controle de contaminações em produções futuras, recomenda-se a adoção de medidas complementares ao método CTM. Com base nos princípios de controle sanitário documentados por Gupta et al. (2020), práticas adicionais podem ser implementadas, tais como: o monitoramento rigoroso das condições de assepsia e a inspeção visual sistemática dos blocos nas primeiras 72 horas pós-inoculação para detecção precoce e descarte imediato de unidades comprometidas. A integração dessas estratégias ao protocolo CTM, que já demonstrou eficácia na estabilização do pH por meio de tamponantes minerais, pode elevar substancialmente a taxa de colonização completa e consolidar a viabilidade técnica da produção regional de *spawn*.

Destaca-se que os dois métodos empregados neste estudo utilizaram grãos de milho, por serem mais acessíveis à realidade produtiva local. O uso de grãos acessíveis como substrato contribui para a valorização de recursos locais e para a redução da dependência de insumos externos, fortalecendo a economia regional (Kazige et al., 2022). Ainda assim, a produção de milho é difundida em outras regiões do país, podendo favorecer uma maior reprodutibilidade da tecnologia CTM, especialmente quando associado a um tratamento que assegure maior inocuidade do meio.

Estudos recentes indicam que sistemas de cultivo de cogumelos baseados em insumos locais, infraestrutura simplificada e manejo ambiental básico apresentam elevado potencial de adaptação em regiões tropicais. Boukary et al. (2024), ao analisarem 93 estudos realizados na África tropical, demonstraram que a produção de cogumelos utiliza predominantemente materiais regionais, como milho e mandioca, além de estruturas de baixo custo, sendo limitada principalmente por fatores relacionados à capacitação técnica e à infraestrutura disponível. Os autores destacam ainda que a faixa térmica ideal entre 20 e 35 °C e o controle da umidade são determinantes para o sucesso produtivo nesses ambientes. Nesse contexto, os resultados obtidos com o método CTM indicam elevado potencial de replicação em outras localidades com características climáticas semelhantes à Amazônia, desde que acompanhados por protocolos sanitários e capacitação técnica adequados.

A expansão da cadeia produtiva de cogumelos propicia a geração de emprego e renda, propiciando fonte alimentar rica em proteínas e micronutrientes, contribuindo para segurança alimentar e nutricional. Kazige et al. (2022) destacam que o cultivo de cogumelos constitui alternativa importante para o desenvolvimento rural e geração de renda, especialmente em regiões tropicais. Também, Boudalia et al. (2025) realçam que cogumelos exibem elevado valor nutricional e uma estratégia eficiente para o aproveitamento sustentável de resíduos agrícolas. Assim, a tecnologia CTM pode ampliar a viabilidade produtiva regional e contribuir para sistemas alimentares mais sustentáveis.

Desempenho Micelial do *spawn*

Estatisticamente, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os dois métodos de preparo do *spawn* nos parâmetros de crescimento total, dias com crescimento ou velocidade média de expansão micelial (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros de crescimento micelial de *Pleurotus ostreatus* em diferentes métodos de preparo de *spawn* (n= 11 por tratamento)

Tipo de preparo	Crescimento total (cm)	Crescimento (dias)	Velocidade média (cm/dia)
CTM	5,93 ± 0,10 ^a	9,33 ± 1,03 ^a	0,64 ± 0,08 ^a
ISA	5,83 ± 0,06 ^a	9,67 ± 0,58 ^a	0,63 ± 0,04 ^a

Fonte: Autores (2025). Nota: As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Apesar da semelhança nos dados, a viabilidade do cultivo não depende apenas da velocidade intrínseca de crescimento micelial, mas também da capacidade do *spawn* em colonizar o substrato de forma eficiente e livre de contaminações (Zhang et al., 2019). Em estudo semelhante, Aditya et al. (2022) demonstraram que grãos de milho submetidos à cocção e tamponamento mineral favoreceram o desenvolvimento do micélio de *Hypsizygus ulmarius*, com velocidade média de 0,52 cm/dia e tempo de colonização de 16 dias.

Assim, a aplicação de princípios técnicos semelhantes resultou em desempenho de 0,64 cm/dia para *Pleurotus ostreatus*, com colonização completa em aprox. 9,3 dias. O resultado, aliado à maior resistência à contaminação observada no método CTM, sugere melhores condições para produção de um *spawn* mais estável e com desempenho competitivo.

Além do desempenho observado, destaca-se que a inovação do método CTM neste estudo não está no uso isolado de tamponantes minerais, já amplamente descritos na literatura, mas na sua aplicação associada ao uso de matrizes primárias isoladas de basidiomas cultivados no próprio Bioma Amazônico e validadas em substratos regionais abundantes. Essa abordagem favorece a adaptação fisiológica do micélio às condições ambientais locais, reduz a dependência de *spawn* comercial externo e fortalece a autonomia produtiva regional.

A necessidade de um *spawn* adaptado às particularidades do Bioma Amazônico torna-se evidente diante das limitações enfrentadas por produtores locais, que muitas vezes dependem de *spawn* comercial desenvolvido em regiões com clima, substrato e umidade distintos do contexto regional. Segundo Urben (2017), a adaptação genética do micélio às condições ambientais do cultivo é um dos principais fatores para o sucesso produtivo. Comercialmente, a simplicidade do método CTM, que utiliza insumos acessíveis (milho, carbonato de cálcio, gesso agrícola) e equipamentos padrão de autoclavagem, torna viável a adoção por pequenos produtores e cooperativas locais, com ciclos de produção do *spawn* de cerca de 9-10 dias, favorecendo comercialização regional e geração de renda em comunidades rurais. Também, a expansão da cadeia produtiva de cogumelos pode fortalecer a economia local e criar oportunidades de emprego e renda, cooperando para o desenvolvimento rural e segurança alimentar, sobretudo em regiões tropicais (Kazige et al., 2022)

Caracterização da Etapa de Formação dos Basidiomas

Tabela 2 apresenta o desempenho produtivo de *Pleurotus ostreatus* cultivado com diferentes tipos de *spawn*. Durante essa etapa, a temperatura média registrada foi de 26 ± 2 °C, com umidade relativa do ar de $60 \pm 5\%$.

Tabela 2. Desempenho produtivo de *Pleurotus ostreatus* cultivado com diferentes tipos de *spawn* (n = 9 por tratamento)

<i>Spawn</i>	Período produtivo (dias)	Eficiência biológica (%)	Taxa de Produtividade (%)	Número de basidiomas (un.)
Comercial	24,63 $\pm$ 3,25 ^a	7,59 $\pm$ 3,13 ^a	5,28 $\pm$ 2,18 ^a	1,25 $\pm$ 0,46 ^a
CTM	28,40 $\pm$ 1,14 ^b	11,51 $\pm$ 3,89 ^b	8,00 $\pm$ 2,70 ^b	1,40 $\pm$ 0,55 ^a
ISA	27,50 $\pm$ 0,71 ^b	7,76 $\pm$ 0,15 ^a	5,39 $\pm$ 0,11 ^a	1,00 $\pm$ 0,00 ^a

Fonte: Autores (2025). Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Quanto ao Período Produtivo (PP), o *spawn* comercial apresentou o ciclo mais curto (24,63 dias), seguido por ISA (27,50 dias) e CTM (28,40 dias). Esses ciclos foram significativamente inferiores aos observados por Steffen et al. (2023), que utilizaram blocos de 5 kg de substrato e relataram até 63 dias, e ao ciclo de aproximadamente 70 dias descrito por Urben (2017) em condições convencionais de cultivos para *Pleurotus ostreatus*.

A diferença na duração do ciclo pode ser explicada, em parte, pela menor quantidade de substrato utilizada neste estudo (80 g), o que reduz a disponibilidade de nutrientes ao micélio e, consequentemente, encurta o ciclo. Nesse caso, se destaca que a diferença pode ser quantitativa, mas também qualitativa, pois a massa pode alterar a microecologia do substrato, no tocante a retenção hídrica, gradiente de temperatura e competição microbiana, influenciando diretamente o desenvolvimento do micélio e a duração do ciclo produtivo (Steffen et al., 2023).

Além disso, fatores ambientais, como a umidade relativa, influenciam diretamente no PP. Urben (2017) recomenda uma UR mínima de 80% para o desenvolvimento adequado dos basidiomas. Neste experimento, a média de $60 \pm 5\%$, pode ter contribuído para a redução da duração observada do ciclo produtivo, embora tenha limitado o rendimento total.

Ciclos mais curtos, embora reduzam a produtividade total por bloco, podem favorecer maior número de colheitas em menor tempo, otimizando a rotatividade dos cultivos e o uso de recursos. Essa estratégia é destacada por Akcay et al. (2023) como viável quando há controle sobre o equilíbrio entre tempo e rendimento.

A EB foi significativamente maior no *spawn* CTM (11,51%), em comparação com o *spawn* comercial (7,59%) e o ISA (7,76%). Neste estudo, apesar da utilização de *spawn* distintos, os resultados apontaram para um desempenho inferior ao amplamente descrito na literatura para *Pleurotus ostreatus*. Obando et al. (2022), por exemplo, registraram EB entre 28,4% e 29,6% em substratos compostos por resíduos agrícolas e pastagens. O estudo de Steffen et al. (2023) apresentou EB variando de 17,37%, em serragem e farinha de milho, a 23,79%, em sabugo de milho e folha de mandioca, indicando que valores próximos a 20% são frequentemente observados em condições adequadas de cultivo e associados a desempenho produtivo satisfatório. Atingir esse parâmetro é crucial para a viabilidade econômica do cultivo, pois implica maior conversão de matéria-prima em cogumelos, impactando diretamente a lucratividade.

Em revisão conduzida por Boukary et al. (2024), envolvendo 93 estudos em regiões tropicais da África, foram reportados valores de EB variando de 7,59% a 83%, em função do substrato, do manejo e das condições ambientais. Nesse contexto, os valores obtidos neste estudo situam-se dentro da faixa observada para sistemas tropicais. Os dados obtidos sugerem que as condições ambientais do sistema experimental, especialmente a umidade relativa média registrada, de $60\% \pm 5\%$, podem ter influenciado o baixo rendimento. Boukary et al. (2024) também destacam que, em regiões tropicais, a manutenção da umidade relativa entre 80 e 90% é crítica para a produtividade, com reduções significativas abaixo de 70%. Essa condição afeta o desenvolvimento de *Pleurotus ostreatus*, possivelmente comprometendo a hidratação contínua do micélio e o aproveitamento do substrato.

Já Souza e Sousa (2023), utilizaram o mesmo substrato regional deste trabalho, composto por caroço de açaí e capim-elefante, para avaliar o desempenho de *Pleurotus sajor-caju* sob diferentes condições ambientais. Os autores conduziram o cultivo em ambiente com controle de UR próximo a 80% e observaram uma EB de 40,50%, valor consideravelmente superior ao obtido no presente estudo. Esses resultados reforçam a hipótese de que as condições ambientais, em especial a umidade relativa, exercem influência determinante sobre a produtividade dos macrofungos cultivados.

O desempenho superior do *spawn* CTM, com um aumento de aproximadamente 52% na EB em comparação ao *spawn* comercial, evidencia o potencial de adaptação das linhagens regionais às condições amazônicas. Esse resultado tem implicações práticas importantes: o maior aproveitamento de resíduos locais e a redução de custos com insumos externos favorecem a autonomia produtiva e fortalecem as cadeias de valor regionais. Além disso, o uso de *spawn* local pode contribuir para maior rentabilidade por ciclo produtivo, alinhando-se aos ODS 8 e ODS 12, ao oferecer sistemas produtivos mais eficientes e sustentáveis.

A TP foi significativamente maior no *spawn* CTM (8,00%), em comparação ao *spawn* comercial (5,28%) e ao ISA (5,39%). Os valores observados neste trabalho são inferiores aos descritos por Carvalho *et al.* (2021), que relataram produtividade de 14% para a linhagem POP (*Pleurotus ostreatus* Preto) e 12% para a linhagem POB (*Pleurotus ostreatus* Branco), cultivadas em bagaço de cana-de-açúcar e raspas de madeira. Outros trabalhos, como o de Braatz e Campos (2024), ao citar Urben (2017), indicam que o percentual médio de TP pode variar entre 15% e 25%, a depender do substrato e das condições de cultivo.

Apesar da TP observada neste estudo estar abaixo dos padrões mencionados, observa-se que novamente a umidade relativa registrada no experimento ($60 \pm 5\%$) impactou negativamente o desenvolvimento e o rendimento dos basidiomas. Considerando a disponibilidade nutritiva do substrato, validada por Souza e Sousa (2023) para o cultivo de *Pleurotus sajor-caju*, os autores obtiveram uma TP de 221,53 g/kg, correspondente a aproximadamente 22,15%, sob condições de umidade controlada em torno de 80%, valor expressivamente superior ao deste estudo. Esse contraste reforça o papel do controle ambiental como fator crítico para a produtividade em cultivos de macrofungos, conforme Menezes *et al.* (2022).

Diante da influência determinante da umidade relativa do ambiente sobre a produtividade, como evidenciado por Urben (2017) e pelos resultados de Souza & Sousa (2023), é essencial adotar medidas corretivas para otimizar o rendimento dos cultivos. Entre as estratégias operacionais, destacam-se: nebulização controlada, aspersão manual periódica (2 a 3 vezes ao dia) ou a instalação de sistemas automatizados de umidificação, adaptáveis às condições locais. Além disso, o aumento da massa de substrato, de 80 g para valores entre 500 g e 1.000 g (Steffen *et al.*, 2023), pode melhorar a retenção hídrica do substrato e a disponibilidade de nutrientes ao micélio e a disponibilidade de nutrientes para a formação dos primórdios. Esses ajustes podem resultar em um aumento significativo nos índices de EB e TP, sem a necessidade de alterar a composição do substrato validada, tornando-os facilmente aplicáveis à realidade amazônica.

O NB é um parâmetro que expressa a quantidade de basidiomas desenvolvidos por unidade de cultivo (Estrada & Pecchia, 2017). Neste estudo, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. Os valores, que variaram de 1,0 a 1,4, são consideravelmente inferiores aos reportados em outros trabalhos. Franco *et al.* (2021), por exemplo, observaram entre 11,15 e 16,15 estruturas de basidiomas ao utilizar substratos de serragem de eucalipto e polpa cítrica peletizada. Já Oliveira *et al.* (2021), ao cultivar *P. ostreatus* em bagaço de cana-de-açúcar e serragem de eucalipto, obtiveram entre 17,54 e 22,66 basidiomas por unidade.

O desenvolvimento dos basidiomas no presente estudo pode ter sido influenciado pelas condições ambientais registradas, especialmente pela umidade relativa média de $60 \pm 5\%$, valor inferior ao recomendado para o cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Oliveira et al. (2021) relataram que, ao cultivarem essa espécie sob umidade entre 55% e 70%, observaram redução no número de cachos formados, especialmente em substratos suplementados. Esses dados reforçam que a insuficiência hídrica ambiental pode comprometer a diferenciação e o desenvolvimento dos primórdios, reduzindo o número total de basidiomas formados.

Embora o número de basidiomas não tenha diferido estatisticamente entre os tratamentos, a superioridade do *spawn* CTM foi evidenciada em outros parâmetros produtivos, como eficiência biológica e taxa de produtividade, indicando maior capacidade de conversão do substrato em biomassa fúngica. Esses resultados reforçam o potencial do método CTM para a produção regional de *spawn* adaptado às condições amazônicas, especialmente quando associado ao controle adequado das condições ambientais, contribuindo para o fortalecimento de sistemas produtivos sustentáveis na região.

CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou a viabilidade de produzir *spawn* regional de *Pleurotus ostreatus*, a partir de matrizes isoladas e substratos disponíveis no Bioma Amazônico, evidenciando o potencial de adaptação de linhagens regionais às condições ambientais locais. O método de Cocção com Tamponamento Mineral (CTM) apresentou desempenho superior, com menor taxa de contaminação e maiores índices de Eficiência Biológica e Taxa de Produtividade em relação ao *spawn* comercial e ao método ISA, confirmando sua eficácia como alternativa tecnológica acessível e adaptada à realidade regional.

Embora os valores produtivos tenham sido inferiores aos descritos na literatura, principalmente em função da umidade relativa do ar abaixo do ideal, os resultados confirmam o potencial técnico da tecnologia desenvolvida. A utilização de resíduos agroindustriais abundantes na região, como caroço de açaí e capim-elefante, associada à produção local de *spawn*, contribui para redução da dependência de insumos externos, fortalecimento da autonomia produtiva e valorização de recursos regionais.

Além da relevância técnica, os resultados obtidos apresentam implicações socioeconômicas importantes, ao favorecer a geração de renda, a produção local de alimento com elevado valor nutricional e o aproveitamento sustentável de resíduos, contribuindo diretamente para a segurança alimentar e o fortalecimento da cadeia produtiva de cogumelos na Região Amazônica. Nesse sentido, a produção regional de *spawn* associada ao aproveitamento de resíduos agroindustriais contribui para o fortalecimento da segurança alimentar, geração de renda e uso sustentável de recursos locais, aspectos diretamente relacionados ao ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) e ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis).

Estudos futuros devem priorizar o controle ambiental, especialmente da umidade relativa, bem como a avaliação de diferentes linhagens regionais e escalas produtivas, visando consolidar sistemas de cultivo mais eficientes, sustentáveis e adaptados às condições amazônicas, contribuindo para o desenvolvimento científico e tecnológico da fungicultura regional.

REFERÊNCIAS

Aditya, B., Jarial, R. S., & Jarial, K. (2022). Evaluation of different grain substrates for spawn production and yield performance of blue oyster mushroom *Hypsizygus ulmarius* (Bull.: Fr.) Redhead through bioconversion of agri-industrial wastes. *Indian*

Journal of Ecology, 49(6), 2389-2394. <https://doi.org/10.55362/IJE/2022/3838>

Akcay, Ç., Ceylan, F., & Arslan, R. (2023). Production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) from some waste lignocellulosic materials and FTIR

characterization of structural changes. *Scientific Reports*, 13, 12897. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40200-x>

Beje, G., Mamo, G., & Moges, D. (2023). Optimization of physicochemical conditions for spawn production and mycelial growth of *Pleurotus ostreatus*. *Heliyon*, 9, e14091. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14091>

Borah, T. R., Singh, A. R., Paul, P., Talang, H., Kumar, B., & Hazarika, S. (2019). Spawn production and mushroom cultivation technology (46 p.). Meghalaya, India: ICAR Research Complex for NEH Region. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/341822811 Spawn Production and Mushroom Cultivation Technology>

Boudalia, S., Symeon, G. K., Dots, V., Gueboudji, Z., Kouadri, I., Sehili, B., Terfa, M. T., Smeti, S., Gueroui, Y., & Bousbia, A. (2025). *The valorization of agrifood byproducts and waste to advance the Sustainable Development Goals: Current state and new perspectives* <https://doi.org/10.20944/preprints202512.0985.v1>

Boukary, A. A., Olou, A. B., Piepenbring, M., Yorou, N. S. (2024). Mushroom cultivation in tropical Africa: successes, challenges, and opportunities. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101264. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101264>

Braatz, L., & Campos, B.-H. C. de. (2024). Produção de cogumelo Shimeji (*Pleurotus ostreatus*) por meio da técnica de cultivo JunCao. *Publica-IFRS: Boletim de Pesquisa e Inovação*, 2(1). <https://doi.org/10.35819/publica-ifrs.v2.n1.a7542>

Carvalho, P. I. A. de, Sales, M. R. B., Neto, J. C. A., & Ferreira, F. V. (2021). Resíduos agroindustriais como substrato para cultivo indoor de cogumelos comestíveis da espécie *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 9(4), 330-339. <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v9n4.carvalho>

Coelho, A. P. T., Lima, N. S., Costa, E. O., & Mendes, C. S. (2021). Avaliação nutricional e aceitabilidade de hambúrguer de soja enriquecido com cogumelo. *Research, Society and Development*, 10(14). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21768>

Estrada, A. E. R. & Pecchia, J. (2017). Cultivation of *Pleurotus ostreatus*. In Zied, D. C., & Piñeiro, J. (Eds.), *Edible and medicinal mushrooms: technology and applications* (pp. 339-360). Oxford: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch16>

Franco, N. A. de C., Martins, O. G., & Andrade, M. C. N. de. (2021). Polpa cítrica peletizada como alternativa para o cultivo de cogumelos. *Energia na Agricultura*, 36(4), 478-491. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2021v36n4p478-491>

Furtado, L. do S. S. & Pereira, M. P. C. (2024). *Pleurotus spp.* na Amazônia: um estudo cinético para prospecção da produção regional (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Castanhal, PA.

Gupta, S., Kumar, S., Singh, R., & Summuna, B. (2020). Management of contaminants in mushroom spawn. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 90(5), 1000-1003. <https://doi.org/10.56093/ijas.v90i5.104380>

Igreja, W. S., Costa, A. G., Silva, L. R., Oliveira, M. S., Santos, M. P., & Nascimento, T. P. (2023). Açaí seeds (*Euterpe oleracea* Mart.) are agroindustrial waste with high potential to produce low-cost substrates after acid hydrolysis. *Molecules*, 28(18), 6661. <https://doi.org/10.3390/molecules28186661>

Kazige, O. K., Chuma, G. B., Lusambya, A. S., Mondo, J. M., Balezi, A. Z., Mapatano, S., & Mushagalusa, G. N. (2022). Valorizing staple crop residues through mushroom production to improve food security in eastern Democratic Republic of Congo. *Journal of Agriculture and Food Research*, 8, 100285. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100285>

León-Avendaño, H., Cruz-Sánchez, J. S., Cortés-Calderón, M. J., Romero-Beltrán, E., & Hernández-Díaz, J. A. (2013). Characterization of two strains of *Pleurotus djamor* native from Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(spe6), 1285-1291. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i6.1291>

Menezes, A. C. de, Santos, T. C. N. dos., Silva, D. B. da., Mourão, D. S. C., & Portella, A. C. F. (2022). Produção de spawns de *Pleurotus sajor-caju* em grãos de cereais disponíveis no sul do Tocantins. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 10(3), 237-242. <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v10n3.menezes>

Obando, G. A., Vásquez García, A., Benavides Palacios, D. E., & Jojoa Martínez, H. F. (2022). Producción de hongo orellana (*Pleurotus ostreatus*) sobre residuos agrícolas y pastos generados en la comunidad de Obonuco, Nariño. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 9(2), 42-54. <https://doi.org/10.23850/24220582.4865>

Oliveira, A. P. de, Marques, M. S., Mendes, K. S., & Lopes, A. B. (2021). Bagaço de malte como suplemento nutricional no cultivo de *Pleurotus ostreatus*. *Energia na Agricultura*, 36(4), 155-164. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2021v36n4p155-164>

Oliveira, M. A. de., Donega, M. A., Peralta, R. M., & Souza, C. G. M. de. (2007). Produção de inóculo do cogumelo comestível *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quélet-CCB19 a partir de resíduos da agroindústria. *Food Science and Technology*, 27, 84-87. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000500015>

Oliveira, N. F. B. de, Gurgel, K. S., Matias, T. A. A., & Gurgel, M. R. (2018). Avaliação da produção de cogumelo *Pleurotus ostreatus* em substrato alternativo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 13(3), 71-76. <https://doi.org/10.18378/rvads.v13i3.5763>

Paula, M. T. de. & Pontes, A. N. (Orgs.). (2023). As múltiplas visões dos recursos naturais e o desenvolvimento sustentável na Amazônia (200 p.). Belém: EDUEPA. <https://doi.org/10.31792/978-65-88106-53-2>

Rodrigues, G. de M. & Okura, M. H. (2022). Cogumelos comestíveis no Brasil: uma revisão bibliográfica. *Research, Society and Development*, 11(8), e24711830830. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30830>

Rosa, L. H. (2022, maio 22). *Produção de “semente” de cogumelos*. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC.

Santos, P. O. dos, Costa, A. L. da S., Nascimento, F. L., & Sousa, G. F. (2021). Avaliação do cultivo de cogumelo *Pleurotus ostreatus* em caroço de açaí (*Euterpe oleracea*). *Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente*, 2(3), 36. <https://doi.org/10.51189/rema/1365>

Souza, L. F. A. de. & Sousa, J. O. dos S. (2023). Avaliação do cultivo de *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer a partir de resíduo agroindustrial amazônico (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Campus

Castanhal. Steffen, G. P. K., Saccol, V. G., & Steffen, R. B. (2023). Eficiência biológica e análise econômica de substratos orgânicos para cultivo de *shimeji*. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 15(10), 11374-11398. <https://doi.org/10.55905/cuadv15n10-075>

Urban, A. F. (Org.). (2017). Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada: biotecnologia e aplicações na agricultura e na saúde. Brasília: Embrapa. Recuperado de <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1060935/producao-de-cogumelos-por-meio-de-tecnologia-chinesa-modificada-biotecnologia-e-aplicacoes-na-agricultura-e-na-saude>

Vargas-Isla, R. & Ishikawa, N. K. (2008). Optimal conditions of in vitro mycelial growth of *Lentinus strigosus*, an edible mushroom isolated in the Brazilian Amazon. *Mycoscience*, 49(3), 215-219. <https://doi.org/10.1007/S10267-008-0409-6>

Zárate-Salazar, J. R., Santos, M. N. dos, Caballero, E. N. M., Martins, O. G., & Herrera, Á. A. P. (2020). Use of lignocellulosic corn and rice wastes as substrates for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Jacq.) cultivation. *SN Applied Sciences*, 2(11). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03640-z>

Zhang, W.-R., Liu, S.-R., Kuang, Y.-B., & Zheng, S.-Z. (2019). Development of a novel spawn (block spawn) of an edible mushroom, *Pleurotus ostreatus*, in liquid culture and its cultivation evaluation. *Mycobiology*, 47(1), 97-104. <https://doi.org/10.1080/12298093.2018.1552648>