

# **ESTUFA AUTOMATIZADA PARA CULTIVO DE COGUMELOS**

**Ronaldo de Fatima Ferreira Junior**

**Graduando em Automação Industrial pela Fatec Bauru  
ronaldo.ferreira01@fatec.sp.gov.br**

**Anthony Gabriel de Medeiros Pina**

**Graduando em Automação Industrial pela Fatec Bauru  
anthony.pina@fatec.sp.gov.br**

**Danilo da Cruz Bochichi**

**Graduando em Automação Industrial pela Fatec Bauru  
bochichidanilo@gmail.com**

**Orientador: Tiago Aparecido Vicentin**

**Doutor e Docente na Fatec Bauru**

**tiago.vicentin@fatec.sp.gov.br**

## RESUMO

A crescente busca por um estilo de vida mais saudável tem levado as pessoas a buscar novas opções alimentares e a fazer novas adições às suas dietas. Um dos alimentos que estão em alta no momento são os cogumelos. Com os benefícios já atestados para a saúde, o consumo desses fungos vem crescendo ano a ano e mesmo o brasileiro, um povo que não tem tradição no consumo desses alimentos, tem aumentado a demanda desse produto. Alguns dos empecilhos para a obtenção dos cogumelos, no Brasil, ainda é o seu alto preço e somado ao clima do país que, em sua maioria, é inóspito para a maioria dos cogumelos comestíveis não é muito fácil de fazer essa modificação dietética. A proposta desse trabalho é apresentar uma possibilidade para a o cultivo desses fungos em âmbito residencial de modo a oportunizar um acesso mais facilitado a esse alimento, mesmo em locais de clima mais quente e umidade abaixo das necessárias para o cultivo. O sistema de cultivo consiste em uma estufa automatizada, montada no interior de uma geladeira com controle de umidade, temperatura, ventilação e iluminação. Em sua parte final, o trabalho apresenta os resultados esperados da estufa a partir das informações obtidas da plataforma de monitoramento, tornando possível verificar se o projeto desenvolvido atende as condições de trabalho desejadas.

**Palavras-chave:** cogumelos, estufa, automação.

## 1 INTRODUÇÃO

Os cogumelos são consumidos pelos seres humanos desde tempos imemorráveis. Hieróglifos datando de 4.600 A.C. já demonstravam que os antigos faraós egípcios faziam o uso desses fungos em sua dieta (VIEIRA, 2018). No Brasil, esse consumo ainda é tímido, porém, vem crescendo a cada nova medição dessa estatística e, com a crescente busca por uma alimentação mais saudável, a tendência é que a busca por cogumelos seja cada vez maior.

Uma das barreiras para o aumento do consumo, é o custo para a obtenção desse alimento, o que muitas vezes impossibilita a inserção dele no cardápio das residências brasileiras. Um outro fato que vem se somar a essas dificuldades é o clima do país. O clima do Brasil não é ideal para o cultivo do cogumelo em meio natural, pois condições de temperatura e umidade relativa estão bem aquém das exigidas para a criação desses fungos. Apenas nas regiões Sul e Sudeste é que é possível realizar esse cultivo natural de forma mais adequada, não à toa, essas são as regiões que contam com as maiores produções (COGUMELoS, 2018).

Com base no conteúdo exposto, o objetivo apresenta uma solução para o cultivo de cogumelos em ambientes climatizados automatizadas. podendo ser utilizados em residências de modo a possibilitar que os consumidores utilizados possam produzir esse alimento em pequena escala.

## 2 Fundamentos Teóricos

Os cogumelos utilizados para protótipo foram os cogumelos shimeji que traz

diversos benefícios para nosso organismo: Melhora a digestão e promove saciedade; aliado contra diabetes e colesterol alto; sistema imunológico tem benefícios com o seu consumo regular; rico em proteína e fibras; função antioxidante. Cogumelos juba de leão que possui diversos efeitos medicinais, como anti-inflamatório, anticancerígeno, antibacteriano e estimulador na neurogênese, tem sido investigado como alvo terapêutico para essas desordens demenciais (RYU et al, 2021). Por último o cogumelo do sol que tem diversos benefícios medicinais, sendo usado como estimulante do sistema imunológico, além de ajudar no controle do colesterol e diabetes, sem contar seus possíveis efeitos anti-carcinogênicos.

A região de implementação e desenvolvimento do projeto vai definir a forma de controle de variáveis de interesses apresentados. Por exemplo em locais mais frios, na maioria das vezes, é necessário apenas que se controle a umidade do ambiente e, em consequência a esse controle, também pode ser realizado o controle da temperatura. Já na condição regional do presente trabalho, não seria possível replicar essa situação. Sendo um projeto implementado na cidade de Bauru-SP, região onde as temperaturas médias chegam a 27° (IPMET, 01/06/2023), tornando inviáveis para o cultivo desses fungos. Deste modo, foi adotado no desenvolvimento desse trabalho o controle efetivo conforme citação, o desenvolvimento de uma solução de automação para um cultivo de cogumelos deve priorizar o controle de 4 grandezas a saber:

Temperatura entre 17-24°C

Umidade controlada entre 80-96%

CO2 controlado em 5000ppm

Iluminação 12h por dia

(PAUL STAMETS AND J.S. CHILTON, 1983).

### **3 Materiais e métodos**

Para o controle dos parâmetros do equipamento foi utilizado o processador ATmega328, com 14 portas digitais, sendo 6 para saídas PWM e 6 analógicas, este microcontrolador é o responsável pela forma transparente como funciona a placa Arduino UNO, possibilitando o upload do código binário gerado após a compilação do programa feito pelo usuário. Possui um conector ICSP para gravação de firmware através de um programador ATMEL, para atualizações futuras.

Para controlar as variáveis usamos o processador, para chavear as variáveis foi usado a interface, e para perceber as variáveis foi usado o sensor de temperatura e umidade DHT22, conforme a figura 1, os atuadores utilizados no circuito serão descritos a seguir:

Geladeira Consul RCA30, conforme a Figura 4.

Umidificador humid Air Plus, conforme a Figura 5.

1 Ventoinhas, conforme a figura 7.

1 Lâmpada LED 3 W, conforme a figura 8.

Esses atuadores em conjunto com o circuito de comando são os responsáveis pelo funcionamento do sistema e o controle das variáveis nesse experimento.

### **Figura 1 - DHT22 – Sensor de temperatura e umidade**



**Fonte: O Autor.**

Para o acionamento das cargas foi utilizado um módulo de relés optoacopladores de 5 V. Esses relés seriam acionados pelo controlador e comutam as cargas de refrigeração, iluminação, ventilação e umidade relativa do sistema de modo a isolar o ATmega de possíveis problemas referentes a conexão com as cargas e fazer o chaveamento seguro dos equipamentos que funcionam em 127 V AC. O módulo de relés é apresentado na Figura 2.

**Figura 2 - Módulo de relés optoacopladores**



**Fonte: O Autor.**

**Figura 3 - Geladeira Consul RCA30**



**Fonte: O Autor.**

**Figura 4 - Humid Air Plus**

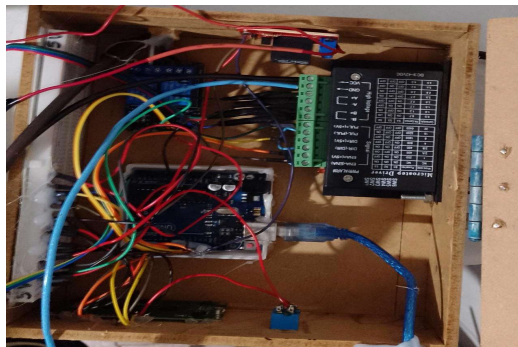


**Fonte: O Autor.**

### 3.1 Montagem do sistema

Basicamente toda a parte de comando da automação da estufa foi abordada. Esses equipamentos foram conectados uns aos outros por meio de cabos jumper e unidos em uma protoboard. Tudo isso inserido dentro de uma caixa em MDF utilizada como QD (Quadro de Distribuição) em instalações residenciais, conforme a Figura 3.

**Figura 5 - Módulo de comando da estufa**



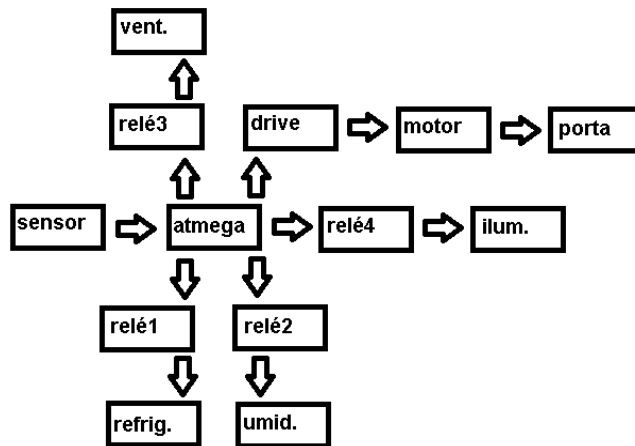
**Fonte: O Autor.**

Todo o circuito de potência do sistema é alimentado por meio de um estabilizador de tensão, com um fusível de proteção de 6A.

O circuito pode ser avaliado com mais detalhes.

Resumo de circuito de automação da estufa na figura 6.

**Figura 6 - DIAGRAMA EM BLOCO DO CIRCUITO**



Como atuadores da estufa, foram utilizados uma lâmpada, ventoinhas, um umidificador e o compressor da geladeira onde está instalada a estufa. Cada uma dessas cargas é alimentada em 127 V AC e todas estão conectadas aos relés de acionamento.

### 3.2 Sistema de controle de ventilação

Para que o cogumelo venha a frutificar é necessário que o ambiente de cultivo tenha determinadas quantidades de CO<sup>2</sup> e oxigênio. O cogumelo precisa de oxigênio para completar seu ciclo de respiração. Como resultado desse processo, os cogumelos produzem CO<sup>2</sup>. Um ambiente rico em CO<sup>2</sup> e pobre em oxigênio pode acabar impedindo o desenvolvimento dos fungos, fazendo com que eles tendam a não se desenvolver e fiquem frágeis e sem consistência. Além disso, a pouca ventilação no ambiente de cultivo pode ser uma via facilitadora para a instalação de outros fungos oportunistas que possam vir a contaminar o cultivo (URBEN et al., 2017). Por isso, é extremamente necessário que seja desenvolvido um bom sistema de ventilação para que o cultivo seja possível.

Assim, foi desenvolvido um sistema de ventilação onde são usado ventoinha, que têm a função de realizar a circulação de ar no ambiente de cultivo. Ventoinhas atuam como exaustores, tirando o ar retido dentro do terrário, jogar ar novo para dentro do terrário e assim estabilizar as quantidades de oxigênio e CO<sup>2</sup> no ambiente. O cooler tem instalado em suas aberturas filtros feitos de micro poroso para limitar a entrada de partículas e sujeira dentro do ambiente de cultivo e assim garantir a higiene do ambiente.

Sendo acionados pelo relé comandado pelo Arduino. Os horários em que o cooler são ligados são determinados por uma contagem de tempo realizada pelo controlador, o cooler figura 6, são ativados a cada 25 min, abrindo uma porta feita de isopor, mecanizada por um motor de passo, ventilando por 5 minutos, desligando o cooler a porta se fecha.

**Figura 7 – Sistema de ventilação instalado na estufa**



**Fonte: O Autor.**

### **3.4 Sistema de controle de iluminação**

O controle de iluminação do cultivo de cogumelos é extremamente importante, pois é necessário que o fungo seja induzido a frutificar e assim continuar o ciclo de reprodução. Na fase inicial do desenvolvimento do micélio, o fungo deve ser mantido em um ambiente com ausência de luz. A partir do momento que se segue ao desenvolvimento do primórdio e a fase de frutificação, deve-se adicionar luz de maneira gradativa ao processo para que o crescimento do cogumelo seja estimulado e possa permitir seu desenvolvimento total até a fase de colheita

Dessa maneira, o sistema de iluminação foi desenvolvido para fornecer 10 horas de luz por dia aos cogumelos. Essa luz terá a função de induzir a frutificação deles como também de direcionar o crescimento. O sistema é constituído de uma lâmpada de LED de 3W conectada ao relé de 5V acionado pelo Arduino. Baseado nos horários designados enviará o comando para o acionamento do relé que conseqüentemente acenderá a lâmpada. O sistema de iluminação com a instalação da lâmpada pode ser visto na Figura 8.

**Figura 8 – Sistema de iluminação da estufa**



**Fonte: O Autor.**

### **3.5 Sistema de controle de umidade e temperatura**

Nesse processo, as variáveis mais complexas de controlar são a umidade relativa e a temperatura. As diversas espécies de cogumelos dependem de condições de temperatura e umidade relativa distintas, mas no geral tendem a manter uma faixa semelhante. Com temperaturas na faixa dos 17-24°C e umidades na casa dos 85-96%,

é possível ter bons resultados com o cultivo. As condições de umidade relativa e temperatura também são significativas para o não surgimento e desenvolvimento de possíveis organismos oportunistas que venham a contaminar o cultivo (BONONI, 1995).

O sensor DHT22 está instalado na parte interna da estufa e bem próximo aos cultivos, de modo a fornecer a informação mais confiável em sua medição. O sensor instalado na estufa pode ser visto na Figura 9.

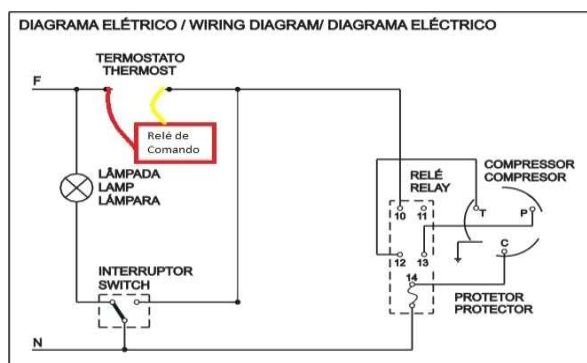
**Figura 9 – Sensor DHT22 instalado na estufa**



**Fonte: O Autor.**

A saída do relé de comando relativo ao controle de temperatura está inserida no circuito da geladeira substituindo o seu antigo termostato. O circuito com a alteração feita pode ser visto na Figura 10:

**Figura 10 - Diagrama elétrico do circuito de controle do compressor da estufa do controle de refrigeração.**



**Fonte: O Autor.**

O controle de temperatura consiste nas entradas (Set Point) fornecidas a partir da programação, e das leituras do sensor de temperatura, formando assim uma malha de controle aberta. Para que o controle ficasse com um funcionamento mais seguro e não viesse a estressar o compressor da geladeira, com diversas paradas e partidas, foi



inserida uma histerese de 1°C ao valor do Set Point de temperatura da estufa. Esse valor foi definido com a finalidade de fornecer um range seguro de atuação da máquina e que também fosse compatível com as características do cultivo. Assim, a geladeira pode oscilar  $\pm 1^\circ\text{C}$  da temperatura definida. Também foi necessária a inserção de limites de tempo para o funcionamento do compressor. Para que a máquina tivesse um funcionamento aceitável ela precisaria de tempos mínimos e máximos de funcionamento, como também tempos mínimos e máximos de descanso entre um ciclo e outro. Tudo isso com o intuito de impedir a atuação da proteção do compressor por sobreaquecimento.

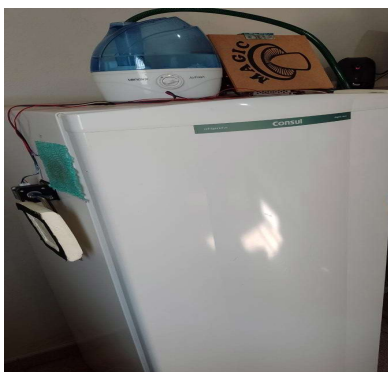
Para o controle de umidade, usou-se o mesmo sensor, DHT22. O controle da umidade é realizado pelo umidificador. O funcionamento desse aparelho é bem mais simples que o funcionamento do compressor usado na geladeira, pois não é necessário se preocupar com tempos máximos e mínimos de funcionamento, muito menos com tempos máximos e mínimos de descanso do equipamento. Isso se deve ao fato de se tratar de um circuito eletrônico, porém, tais medidas também foram inseridas na malha de controle de umidade.

Assim, o controle da umidade também é realizado em malha aberta: a partir dos Set Points fornecidos das leituras do sensor. De maneira semelhante ao controle de temperatura, também foi inserida uma histerese de 4% UR para o funcionamento do umidificador, de sorte a permitir que o cultivo atue num range de umidade que seja aceitável para o cultivo.

### **3.6 O resultado e discussão**

Após a montagem de todos os sistemas e componentes da parte de automação da estufa, a Figura 11 mostra o sistema finalizado.

**Figura 11 – Estufa finalizada**



**Fonte: O Autor.**

Na Figura 12 é apresentada a estufa já com alguns micélios em período pré-frutificação:

**Figura 12 – Estufa com alguns micélios de cogumelo em pré-**

### frutificação



Fonte: O Autor.

## 4 RESULTADOS DO SISTEMA PROPOSTO

Conforme a metodologia de controles de variáveis do processo, os resultados serão abordados verificando o funcionamento de cada um dos sistemas: controle da ventilação, controle da iluminação, controle do umidificador e controle da refrigeração. Atuando no controle das variáveis de temperatura e umidade relativa. Assim, os resultados serão apresentados a seguir:

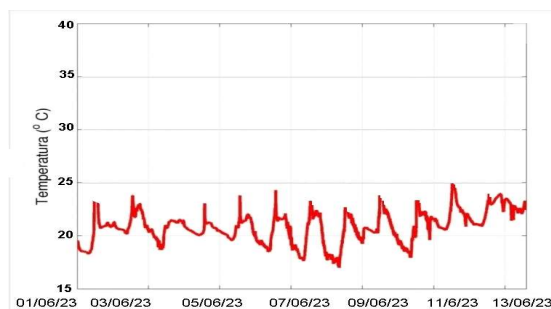
### 4.1 Resultados sistema de ventilação

O sistema de ventilação funciona em intervalos de tempo: ele fica ativo por 5 minutos e depois inativo por 25 minutos de forma a permitir a retirada do CO<sup>2</sup> acumulado dentro da estufa e a entrada de oxigênio para a respiração dos fungos. Essas escolhas de tempo foram definidas a partir da análise da situação real.

### 4.2 Resultado do sistema de refrigeração.

Conforme apresentado anteriormente, o sistema de climatização funcionou perfeitamente, mantendo uma temperatura estável para o cultivo dos cogumelos, sendo registrado na ferramenta, Pottler Serial do Atmega, conforme a figura 13.

Figura 13 – Resultado do sistema de climatização



Fonte: O Autor.

### 4.3 Resultado do sistema de umidificação.

Com pouco tempo de funcionamento do umidificador já é gerada uma névoa de gotículas de água dentro da estufa e não é interessante que a umidade interna

fique demasiadamente alta, pois a água pode condensar em cima dos cogumelos o que pode alterar a qualidade dos produtos.

O sistema de umidificação funcionou perfeitamente, mantendo uma faixa de umidade de 80-96%, não condensando muita água e não faltando umidade para o sistema, sendo estável para o cultivo dos cogumelos.

#### **4.4 Resultado do sistema de iluminação.**

O sistema de iluminação funcionou perfeitamente, mantendo o sistema iluminado após os 16 dias de incubação, permanecendo ligado por 10 horas, sendo útil para o período de frutificação dos cogumelos.

### **5 Considerações Finais**

Conforme apresentado o sistema se mostrou funcional e apresenta um comportamento dentro do esperado quanto a sua programação e configuração. Existem oportunidades para melhorias de código, instalação e acabamento da estufa, porém, conforme os testes executados, essa estufa atende ao seu propósito de cultivo de cogumelos comestíveis em âmbito residencial.

Automatizar processos tem sido um dos principais trabalhos realizados pela engenharia desde a Primeira Revolução Industrial. Processos automatizados têm aumentado os níveis de produtividade, confiabilidade e até mesmo os níveis de segurança das linhas de produção mundo afora. Assim, o trabalho aqui desenvolvido consistiu em unir a crescente procura por cogumelos comestíveis, ocorrida nesses últimos anos, com a automação de processos e dessa maneira possibilitar o cultivo desses fungos em âmbito residencial, mesmo com um relativo baixo investimento inicial. Tudo isso com o intuito de oportunizar o acesso a cogumelos mesmo em locais quentes e com umidades que impossibilitam o cultivo in natura.

Os resultados obtidos a partir da implementação da estufa foram satisfatórios. Foi possível obter níveis de temperatura e umidade necessários para o cultivo dos cogumelos comestíveis, os sistemas de iluminação e ventilação funcionaram conforme o programa de cultivo.

#### **5.1 Proposta para trabalhos futuros**

O projeto por estar em nível de protótipo permite diversos pontos para possíveis melhorias. Tanto na parte lógica do programa, fazendo um aplicativo de monitoramento, quanto na parte de controle, aplicando um circuito de malha fechada, Controlador proporcional integral derivativo.

Na lógica do programa pode-se melhorar o código deixando-o mais elegante e resiliente a possíveis erros e comportamentos indesejados. Uma das melhorias possíveis é a de deixá-lo em formato de RTOS que é um tipo de sistema operativo que consegue, mesmo em multitarefas, permitir o controle dos tempos de resposta aos eventos que venham a surgir.

Também devem ser realizadas melhorias na estruturação de hardware, fazendo um circuito impresso, já na parte de refrigeração, detalhes de acabamento da estufa.

## REFERÊNCIAS

CAÑETE, R.; VALADARES, F.; GARBI NOVAES, M. C. Effect of *Agaricus sylvaticus* supplementation on nutritional status and adverse events of chemotherapy of breast cancer: A randomized, placebo-controlled, double-blind clinical trial. **Indian Journal of Pharmacology**, v. 45, n. 3, p. 217, 2013.

CLARA DA CRUZ DE MELO, M. **RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE TECNOLOGIAS GERADAS PELA EMBRAPA**. [s.l: s.n.].

Disponível em:

<[https://bs.sede.embrapa.br/2019/relatorios/recursosgeneticosebiotecnologia\\_juncao.pdf](https://bs.sede.embrapa.br/2019/relatorios/recursosgeneticosebiotecnologia_juncao.pdf)>. Acesso em: 13 jul. 2023.

ALDO TEIXEIRA . **Cogumelos: História do cultivo**. Disponível em:

<<https://chefaldo.com.br/index.php/historia-dos-alimentos/110-cogumelos-historia-do-cultivo>>. Acesso em: 13 jul. 2023.

ESCOBAR, J. A. C. **Observação e exploração da percepção visual e do tempo em indivíduos sob o estado ampliado de consciência após o consumo de cogumelos mágicos (*Psilocybe cubensis*)**. Disponível em:

<<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/8226>>. Acesso em: 13 jul. 2023.

FATONI, A.; NUGROHO, D. D.; IRAWAN, A. RANCANG BANGUN ALAT PEMBELAJARAN MICROCONTROLLER BERBASIS ATMEGA 328 DI

UNIVERSITAS SERANG RAYA. **PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer**, v. 2, n. 1, 31 mar. 2015.

FURLANI, R. P. Z.; GODOY, H. T. Valor nutricional de cogumelos comestíveis: uma revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 64, n. 2, p. 149–154, 10 fev. 2005.

HEY. **Acta Scientiarum. Agronomy**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/3030/303026558015.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2023.

LAM, S. K.; NG, T. B. First Simultaneous Isolation of a Ribosome Inactivating Protein and an Antifungal Protein from a Mushroom (*Lyophyllum shimeji*) Together with Evidence for Synergism of their Antifungal Effects. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 393, n. 2, p. 271–280, set. 2001.

LEBEDA, A.; WIDRLECHNER, M. P. A set of Cucurbitaceae taxa for differentiation of *Pseudoperonospora cubensis* pathotypes / Ein Testsortiment von Cucurbitaceae-Taxa für die Differenzierung der Pathotypen von *Pseudoperonospora cubensis*. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz / Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 110, n. 4, p. 337–349, 2003.

MYBIB. **the mushroom cultivator**. Disponível em: <[http://en.psilosophy.info/the\\_mushroom\\_cultivator.html](http://en.psilosophy.info/the_mushroom_cultivator.html)>.

NOGUEIRA DE ARAÚJO, S. et al. **Propriedades e benefícios no uso do cogumelo juba de leão (*heriucium hericaceus*) no declínio cognitivo e demência em adultos e idosos: revisão bibliográfica descritiva** Eduardo Sarmiento do Ó 4 Isabela Tatiana Sales de Arruda 5 **INTRODUÇÃO**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/cieh/2022/TRABALHO\\_COMPLETO\\_EV179\\_MD4\\_ID145\\_TB156\\_30062022114208.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/cieh/2022/TRABALHO_COMPLETO_EV179_MD4_ID145_TB156_30062022114208.pdf)>.

PAULO, T. A. D.; NASCIMENTO, S. P. **SHIMEJI FAST-FOOD SAUDÁVEL**. Disponível em: <<http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/IVJTC/IVJTC/paper/view/335>>. Acesso em: 13 jul. 2023.

PAZZA, A. C. V. et al. **COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E PROPRIEDADES**

FUNCIONAIS FISIOLÓGICAS DE COGUMELOS COMESTÍVEIS. **FAG JOURNAL OF HEALTH (FJH)**, v. 1, n. 3, p. 240–265, 20 out. 2019.

SALES-CAMPOS, C.; ANDRADE, M. C. N. DE. Aproveitamento de resíduos madeireiros para o cultivo do cogumelo comestível *Lentinus strigosus* de ocorrência na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 41, n. 1, p. 1–8, mar. 2011.

WEST, P. M. Sexual Selection, Temperature, and the Lion's Mane. **Science**, v. 297, n. 5585, p. 1339–1343, 23 ago. 2002.