



**UNIVERSIDADE PARANAENSE – UNIPAR
CURSO DE BIOMEDICINA - MODALIDADE DE
EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA – METODOLOGIA
SEMIPRESENCIAL DA UNIVERSIDADE PARANAENSE –
UNIPAR**

ANGÉLICA DA SILVA AMARAL DE OLIVEIRA

BIOACUMULAÇÃO DE FERRO: UMA OPÇÃO NA ANEMIA FERROPRIVA

**TOLEDO – PR
2021**

ANGÉLICA DA SILVA AMARAL DE OLIVEIRA

BIOACUMULAÇÃO DE FERRO: UMA OPÇÃO NA ANEMIA FERROPRIVA

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso de Graduação em Biomedicina – Universidade Paranaense – Campus I como requisito parcial para a obtenção do título de Biomédica sob orientação da Prof. Dra. Maria Graciela Lecher Faria Nunes.

**TOLEDO
2021**

AGRADECIMENTOS

A Deus: Agradeço por esta conquista. Ele sempre esteve comigo em todos os momentos dessa caminhada e quando eu pensei em desistir lembrei das promessas que Ele fez na minha vida. Nos momentos difíceis não reclamei, apenas dobrei meu joelho e pedi pela sua misericórdia. Agradei a Ele por mais um dia de vida, e no dia seguinte, Ele me deu a oportunidade de acordar, levantar e fazer algo diferente.

Aos Pais: Agradeço profundamente aos meus pais Zenaide e Jorge, sou imensamente grata pelo dom da vida, pelo ensinamento, alegria e otimismo, me educando e auxiliando com a intenção de me fazer seguir o melhor caminho. De vocês recebo ainda valores que me transformaram em uma pessoa adulta responsável e consciente. Quantas vezes sacrificaram os seus sonhos em favor dos meus. Meu cansaço foi sentido e compartilhado com vocês, num colo ou mesmo num silêncio. Saibam que o mérito de todas as minhas conquistas lhes pertence. Eu amo muito vocês, que Deus abençoe muito.

Ao meu esposo: Agradeço ao meu esposo Caio, que ao longo desses meses me deu não só força, mas apoio para vencer essa etapa da vida acadêmica. Deus abençoe, meu amor, por suportar minhas crises de estresse e ansiedade. Obrigada por tudo, eu amo muito você.

Aos meus colegas: Uma etapa de vida muito importante compartilhei com vocês e com certeza aprendi muito com cada um. Agradeço imensamente por cada momento passados juntos. Hoje estamos começando a nossa parte para um futuro melhor.

Aos mestres: A palavra que expressa a admiração, respeito e carinho por meus professores é agradecimento. Agradecer pela paciência, pela partilha de conhecimento, pelos ensinamentos para a vida. Sou grata e honrada pelos professores que tive, pelos ensinamentos que colhi e pela certeza da contribuição de ser uma ótima profissional.

A Orientadora Prof.: Maria Graciela: ter uma orientadora como você foi um privilégio, foram meses de orientação, conversas, reuniões virtuais para concluirmos o trabalho. Todas foram realizadas com muita alegria, apesar das cobranças de prazos e revisões. Por tudo isso, quero agradecer pela paciência e ensinamentos. Tenho certeza de que fui guiada pela melhor. Gratidão me define.

“Ser biomédico é enxergar que por trás de cada amostra biológica, exame de imagem, procedimento estético ou pesquisas, que existem histórias de dor, alegria e lutas do dia a dia”.

(Kaique César).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Bioacumulação de ferro por basidiomicetos comestíveis.....	18
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 DESENVOLVIMENTO	11
2.1 Anemia ferropriva	11
2.1.1 Sintomas	12
2.1.2 Tratamento usado regularmente e suplementação de ferro	12
2.2 Basidiomicetos	13
2.2.1 Atividades biológicas basidiomicetos	15
2.3 Capacidade de bioacumular metais	16
2.4 Bioacumulação de ferro	17
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

BIOACUMULAÇÃO DE FERRO: UMA OPÇÃO NA ANEMIA FERROPRIVA

IRON BIOACCUMULATION: AN OPTION IN FERROPRIVATE ANEMIA

¹ Angélica da Silva Amaral de Oliveira; ² Maria Graciela I. F. Nunes.

Afiliação:

1. Acadêmicas do Curso de Biomedicina da Universidade Paranaense Unipar, campus de Toledo,
2. Docente da Universidade Paranaense Unipar, campus Umuarama-PR.

RESUMO

A anemia ferropriva é classificada como sendo uma das carências nutricionais mais prevalentes no mundo, pois acontece como decorrência de perda sanguínea crônica, ingestão e/ou absorção insuficiente, perdas urinárias e aumento do volume sanguíneo. Os grupos mais acometidos com frequência são mulheres em idade fértil, lactentes, crianças menores de 5 anos e idosos. Atualmente utiliza-se como forma de tratamento a suplementação alimentar rica em ferro, além disso, a alternativa mais utilizada é o sulfato ferroso, pois apresenta baixo custo e possui alta biodisponibilidade. Portanto, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sobre a bioacumulação in vitro de ferro em basidiomicetos como uma opção de suplementação na anemia ferropriva. Os basidiomicetos além de possuírem entre outras atividades biológicas comprovadas possuem a capacidade de bioacumular metais, incluindo o Ferro. As maiores bioacumulações de ferro ocorreram em *Pleurotus ostreatus*, *Schizophyllum commune*, *Agaricus subrufescens*, *Ganoderma lucidum* e *Pleurotus eryngii*. Sendo assim, o fungo bioacumulado poder ser um suplemento ou substituto ao tratamento da anemia ferropriva.

Palavras-Chave: Anemia Ferropriva, Bioacumulação, Basidiomicetos, Ferro, Suplementação.

ABSTRACT

Iron deficiency anemia is classified as one of the most prevalent nutritional deficiencies in the world, as it occurs as a result of chronic blood loss, insufficient intake and/or absorption, urinary losses and increased blood volume. The most frequently affected groups are women of childbearing age, infants, children under 5 years of age and the elderly. Currently, iron-rich food supplementation is used as a form of treatment, in addition, the most widely used alternative is ferrous sulfate, as it has a low cost and high bioavailability. Therefore, this work aims to review the in vitro bioaccumulation of iron in basidiomycetes as a supplemental option in iron deficiency anemia. The basidiomycetes, in addition to having, among other proven biological

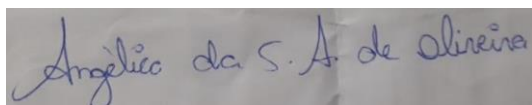
activities, have the ability to bioaccumulate metals, including iron. The greatest bioaccumulations of iron occurred in *Pleurotus ostreatus*, *Schizophyllum commune*, *Agaricus subrufescens*, *Ganoderma lucidum* and *Pleurotus eryngii*. Therefore, the bioaccumulated fungus can be a supplement or substitute for the treatment of iron deficiency anemia.

Key-Words: Iron deficiency anemia, Bioaccumulation, Basidiomycetes, Iron, Supplementation.

DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Declaro para os devidos fins que eu, Angélica da Silva Amaral de Oliveira, RG: 15.196.554-7– SSP-PR, aluna do Curso de Biomedicina da Unipar Campus I, sou autor do trabalho intitulado: “BIOACUMULAÇÃO DE FERRO: UMA OPÇÃO NA ANEMIA FERROPRIVA”, que agora submeto à banca examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso – Biomedicina.

Também declaro que é um trabalho inédito, nunca submetido à publicação anteriormente em qualquer meio de difusão científica.

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature reads "Angélica da S. A. de Oliveira".

Angélica da Silva Amaral de Oliveira

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais existe um desenvolvimento muito grande de novos alimentos e ingredientes que possam melhorar o bem-estar e a saúde, buscando como objetivo a prevenção ou diminuição de riscos para algumas doenças (SOUZA, 2021).

A anemia ferropriva está incluída nessas doenças e o aperfeiçoamento em relação a alimentos fortificados vem crescendo de forma gradual. Além da fortificação de alimentos e a suplementação de ferro para tratar a anemia ferropriva, a utilização de bioacumulação em basidiomicetos é uma alternativa possível para o tratamento (LIMA, 2009).

A anemia ferropriva é classificada como sendo uma das carências nutricionais mais prevalentes no mundo, acometendo principalmente mulheres em idade fértil, lactentes, crianças menores de 5 anos e idosos (YAMAGISHI, 2017). Em 2019, no Brasil, 11,6 % das crianças entre 6 e 59 meses de idade apresentam anemia e 16 % das mulheres em idade reprodutiva (de 15 a 49 anos) (OMS, 2021).

Identificam-se que esses índices no Brasil são elevados. Pouco é relatado sobre o impacto econômico ao Sistema Único de Saúde representado pelo atendimento a essas pessoas acometidas com tal carência nutricional. O conhecimento dessas informações é de grande relevância para nortear a aplicação dos recursos tanto na área assistencial como na programação de ações de educação permanente para o diagnóstico precoce (MARTINS et al., 2017).

A ingestão diária de ferro recomendada varia de acordo com a idade, para crianças com 6 a 23 meses a dose é de 10-12,5 mg de ferro/ dia (BORTOLINI, FISBERG, 2010) e de 18 mg de ferro/ dia para mulheres com idade entre 19 e 50 anos (NIH, 2021). Atualmente utiliza-se como opção de tratamento para anemia ferropriva a suplementação alimentar de ferro encontrado geralmente nas carnes em geral, aves e peixes, e nos vegetais como feijão, beterraba, (...) (CARVALHO et al., 2006).

Caso não seja suficiente somente com alimentação adequada é realizada a administração dos compostos com ferro por via oral ou parenteral e, provavelmente, transfusão de hemácias. A melhor alternativa utilizada atualmente é o sulfato

ferroso, pois apresenta baixo custo e possui alta biodisponibilidade (YAMAGISHI, 2017).

Os basidiomicetos são muito utilizados na alimentação pois a sua composição nutricional é muito rica e interessante, são utilizados na indústria farmacêutica e fabricação de insumos, além disso eles tem atividades biológicas comprovadas como antitumoral, antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória e possuem a capacidade de bioacumular metais, incluindo o Ferro (CHRISTOFOLE et al., 2020; SCHEID et al., 2020).

O fungo bioacumulado pode ser um substituto ou um suplemento para o tratamento da anemia ferropriva. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre a bioacumulação de ferro em basidiomicetos como uma opção no tratamento e/ou suplementação a anemia ferropriva, ou seja, adicionar ferro no cultivo destes fungos e enriquecê-los com tal nutriente para auxiliar no tratamento desse distúrbio.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Anemia ferropriva

No grupo das anemias caracterizadas por distúrbios do metabolismo de ferro, podemos classificar a anemia ferropriva como sendo uma das mais comuns. A anemia instala-se em consequência de perdas sanguíneas e/ou por deficiência prolongada da ingestão de ferro alimentar (YAMAGISHI; ALVES; GERON; LIMA, 2017).

A anemia ferropriva é ocasionada pela privação de ferro dentro do organismo ocasionando uma redução na hemoglobina. O ferro é considerado um mineral importante, porque atua na síntese das hemácias do sangue e no transporte do oxigênio para todas as células (YAMAGISHI; ALVES; GERON; LIMA, 2017).

A anemia ferropriva representa a deficiência nutricional de maior ocorrência em todo o mundo. Os grupos mais vulneráveis para o desenvolvimento da anemia ferropriva são lactentes, crianças menores de 5 anos e mulheres em idade fértil, podendo também acometer indivíduos idosos (CARVALHO; BARACAT; SGARBIERI; 2006).

Segundo o site da Organização Mundial de Saúde a prevalência de anemia em mulheres de idade reprodutiva, ou seja, entre 15 e 49 anos em 2019 é de 16,1% no Brasil se comparado com Estados Unidos da América que a porcentagem é de 11,8%, podemos notar a gravidade da deficiência de ferro. A prevalência de anemia em uma população pode ser usada para classificar a importância do problema para a saúde pública (OMS, 2021).

De acordo com o mesmo site a prevalência de anemia em crianças de 6 a 59 meses em 2019 é de 11,6% e nos Estados Unidos da América no mesmo ano é de 6,1%, diante destes resultados podemos notar a grande diferença entre esses dois países, mas ao mesmo tempo esse tipo de deficiência nutricional é considerado uma das mais comuns em todo mundo (OMS, 2021).

2.1.1 Sintomas

Considerada um sério problema de Saúde Pública, a anemia pode prejudicar o desenvolvimento mental e psicomotor, causar aumento da morbimortalidade materna e infantil, além da queda no desempenho do indivíduo no trabalho e redução da resistência às infecções (DALLMAN, 1987).

O aparecimento dos sintomas é gradual podendo ser o sinal de uma doença ou transformar-se em algo muito nocivo para a saúde do indivíduo. Os sintomas incluem fadiga, prejuízo no crescimento e no desempenho muscular, prejuízos no desenvolvimento neurológico e desempenho escolar, além de distúrbios comportamentais como irritabilidade, pouca atenção, falta de interesse ao seu redor e dificuldade no aprendizado, prejuízo na capacidade de manter a temperatura corporal na exposição ao frio, alterações no crânio. Indivíduos deficientes em ferro são mais propensos a infecções, pois a falta de ferro pode resultar na baixa da imunidade (DALLMAN, 1987).

2.1.2 Tratamento usado regularmente e suplementação de ferro

Mesmo apresentando sintomas característicos, a anemia ferropriva deve ser diagnosticada somente por exames laboratoriais, é importante requerer um hemograma completo e dosagem de ferritina, e sempre ser analisado junto com os dados clínicos para obter um diagnóstico mais verdadeiro. O objetivo do tratamento

da anemia ferropriva deve ser o de corrigir o valor da hemoglobina circulante e repor os depósitos de ferro nos tecidos onde ele é armazenado. Recomenda-se a utilização de sais ferrosos, preferencialmente por via oral. Outra recomendação é que o medicamento não seja administrado juntamente com suplementos polivitamínicos e minerais. É fundamental que a dieta oferecida durante o tratamento seja balanceada. O principal objetivo das intervenções nutricionais é aumentar as reservas orgânicas de ferro no organismo (QUEIROZ; TORRES, 2000).

A deficiência de ferro é uma das principais causas de anemia no mundo, devido à alta prevalência, suas consequências e medidas que não foram tão eficazes de prevenção e controle em 2005 foi criado no Brasil o Programa Nacional de Suplementação de Ferro (PNSF), o qual aborda medidas como educação nutricional, fortificação de alimentos, e suplementação profilática com sulfato ferroso para os grupos mais suscetíveis (CALHEIROS, 2017).

O PNSF consiste na suplementação profilática de ferro para todas as crianças de seis a 24 meses de idade, gestantes ao iniciarem o pré-natal, independentemente da idade gestacional até o terceiro mês pós-parto, e na suplementação de gestantes com ácido fólico. Os suplementos de ferro e ácido fólico devem estar gratuitamente disponíveis nas farmácias das Unidades Básicas de Saúde, em todos os municípios brasileiros (BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013). No entanto, temos outra opção para o tratamento de anemia ferropriva, que seria a utilização de basidiomicetos (cogumelos).

2.2 Basidiomicetos

Basidiomicetos são o que nós conhecemos popularmente como orelhas-de-pau ou cogumelos, fornecem proteínas e sais minerais, desempenham atividade antitumoral, antimicrobiana, antiinflamatória e antioxidante, possui também a capacidade de bioacumular metais (CHRISTOFOLE et al., 2020).

Os basidiomicetos pertencentes ao *Filo Basidiomycota* do *Reino Fungi*. Existem mais de 14.000 espécies de fungos que produzem cogumelos (BLACKWELL, 2011). Como sabemos, a maioria dos cogumelos são usados na alimentação, nos suplementos dietéticos, na indústria farmacêutica e de cosméticos (CHRISTOFOLE et al., 2020).

Estima-se que existem cerca de 14 a 15 mil espécies de basidiomicetos no mundo (LIMA, 2009). O tipo mais comum é aquele em forma de guarda-chuva, que se chama píleo, com um estipe que o prende ao substrato, abaixo do píleo encontramos o himênio que é formado com um conjunto de hifas. As cores dos basidiomicetos variam muito, alguns são alaranjados, outros amarelos e vermelhos. Existe uma variedade muito grande de cores e formas (BICALHO et al., 2013).

O desenvolvimento desses basidiomicetos depende muito do bioma, ou seja, é de um conjunto de ecossistemas que possui condições geoclimáticas e com uma diversidade para que cada espécie se desenvolva (BICALHO et al., 2013). Em ecossistemas florestais, os fungos são os principais decompositores de celulose e lignina, ou seja, esses fungos são degradadores de madeira, encontramos os mesmos em árvores que foram cortadas. Os fungos desenvolvem um papel muito importante no equilíbrio através da reciclagem de nutrientes. Os basidiomicetos das ordens *Russulales* e *Polyporales*, conhecidos como orelhas-de-pau, crescem e se desenvolvem em matéria vegetal morta. Já os cogumelos das ordens *Agaricales* e *Boletales* podem se desenvolver sobre a serapilheira ou próximo às nascentes onde tem maior disponibilidade de água. A grande atuação dos basidiomicetos ocorre na decomposição da matéria orgânica que contribuem para a fertilização do solo e ajudam as plantas na absorção de nutrientes (NEVES et al., 2013).

Os basidiomicetos são considerados alimentos completos, pois são ricos em proteínas, sais minerais, ferro, vitamina B1 e B2, cálcio, fibras e outros elementos essenciais, e, além disso, apresentam baixo teor de gordura e carboidratos (LIMA, 2009). Os cogumelos, além de propiciar uma dieta adequada em vitaminas, minerais, fibras, carboidratos e outros nutrientes, contribuem também para o tratamento e prevenção de doenças. Eles são importantes alimentos funcionais pois possuem um alto valor nutritivo, por exemplo, tem uma quantidade de proteínas quase equivalente à da carne, além de estimularem o sistema imunológico, e possuem a capacidade de bioacumular metais, que é uma opção para tratamento de anemia ferropriva (LIMA, 2009).

Os basidiomicetos comestíveis podem ser uma opção para alguns problemas de importância global, como por exemplo, a carência de proteínas na alimentação, e a possibilidade de manejo ambiental, pois estes são fontes de proteínas de alta qualidade, que podem ser produzidos com maior eficiência biológica, podem ter

grande importância nos países em desenvolvimento para enriquecimento de populações com carência protéica (PESSOA, 2016).

A espécie *Lentinus strigosus*, foi encontrada na região Amazônica, sendo relatado seu consumo por grupos indígenas desta região (PESSOA, 2016). *P.ostreatus* são conhecidos como cogumelos ostras, os quais podem ser encontrados em florestas úmidas tropicais, possui alto índice protéico, vitamínico e rico em carboidratos, e ter um baixo teor de gordura, tornando o mesmo uma ótima opção para dieta humana (PESSOA, 2016).

Conhece-se aproximadamente 2000 espécies de fungos comestíveis, no entanto apenas 25 são cultivadas e 10 são largamente comercializadas. (NASCIMENTO et al., 2012). Alguns cogumelos comestíveis são bem conhecidos como o *shimeji* (*Pleurotus sp.*) e *shiitake* (*Lentinula edodes*), no entanto, alguns são tóxicos, ou alucinógenos (SILVA, 2012). Cogumelos comestíveis mais conhecidos: *Champignon* de Paris, *Shiitake*, *Shimeji*, *Agaricus Blazei*, *Portobelo* e *Crimini*, *Portobello*, *Porcini*, *Boletus aereus*, *Enokitake*, *Reishi* e as Trufas (NEGRÃO, 2017).

Diante das propriedades medicinais e nutricionais apresentadas pelos compostos presentes nos fungos do filo *Basidiomycota*, os estudos científicos para o seu emprego no desenvolvimento de fármacos e alimentos funcionais se intensificaram nas últimas décadas. Dessa forma, esse filo desperta grande interesse para o isolamento, purificação e caracterização de substâncias para estabelecer uma relação entre a estrutura química e atividade biológica (GIOVASIS, 2014).

2.2.1 Atividades biológicas basidiomicetos

Os basidiomicetos contêm compostos biologicamente ativos. Eles são popularmente utilizados na forma de extratos ou pó para tratar ou prevenir doenças, pois os mesmos possuem atividade antibacteriana, antifúngica, antirretroviral, antioxidante, antitumoral e antiinflamatória (JESUS, 2017). Efeitos antitumorais são encontrados em vários compostos que podem ser usados em sistemas de células de tumor e em ensaio com animais. O *Shiitake* (*L. edodes*) é uma espécie estudada para o combate ao câncer, esse composto possui alta massa molecular. A lentiniana é um dos três primeiros medicamentos antitumorais importantes desenvolvidos a partir de cogumelos medicinais (OLIVEIRA, 2014).

O basidiomiceto *G. lucidum* foi usado para testes in vivo e causou a inibição de 60 % do crescimento de tumor em camundongos (ZHANG et al., 2010). O cogumelo comestível *Ramaria flava* mostrou atividade inibitória contra algumas linhagens tumorais. *Antrodia cinnamomea* inibiu o crescimento de células leucêmicas (LIU et al., 2013). A *glicoproteína do hypsizygus marmoreus* foi isolada e também inibiu células leucêmicas humanas (TSAI et al., 2013). *Grifola fondosa* foi isolada e apresentou resultados promissores contra as células endoteliais microvasculares humanas e surge como uma opção antiangiogênica (WANG et al., 2014).

Outra atividade biológica apresentada pelos basidiomicetos é a atividade antioxidante. Os antioxidantes estão presentes em todos os organismos vivos e sempre em constante atividade, pois os mesmos necessitam neutralizar os efeitos tóxicos dos radicais livres. Os compostos antioxidantes podem ser isolados de diferentes partes do basidiomiceto tanto da haste, como do corpo, do micélio ou do próprio caldo de fermentação (OLIVEIRA, 2014).

Indicaram atividade antioxidante os fungos *Lactarius deliciosus*, *L. sanguifluus*, *L. semisanguifluus*, *Suillus bellinii* e *Russula delica*. A identificação e o isolamento dos compostos bioativos dos basidiomicetos dependem muito da matéria prima e do tipo de extração. Geralmente os cogumelos são consumidos desidratados, pois são expostos a elevadas temperaturas na presença de oxigênio, por isso o cuidado da conservação para manter a atividade antioxidante (OLIVEIRA, 2014).

Além disso, alguns compostos isolados dos basidiomicetos também apresentam atividade antimicrobiana. A partir do fungo *P. sanguineus*, foi descoberto que ele é eficaz contra microorganismos Gram positivos e Gram negativos. Foi isolado outro composto deste mesmo fungo e ele se mostrou ativo contra: *Bacillus cereus*, *E. coli*, *Enterococcus faecium*, *E. faecalis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus plantarum*, *P. aeruginosa*, *Salmonella sp.*, *S. typhi*, *S. aureus* e vários *Streptococcus spp.* (SMANIA et al., 1995). Já o gênero *Pleurotus* têm despertado interesse em cientistas por possuir capacidade de modular o sistema imunológico, a atividade hipoglicêmica e antitrombótica, além de atividade anti-inflamatória (AGOSTINI, 2013).

2.3 Capacidade de bioacumular metais

Fungos basidiomicetos têm a capacidade de bioacumular metais pesados. (CARLI et al., 2014). Foi comprovado que a absorção de um elemento é proporcional ao aumento da concentração do mesmo no substrato, ou seja, podemos aumentar o potencial do ferro (por exemplo) se adicionarmos ele aos basidiomicetos (GONÇALVES, 2012). Os basidiomicetos possuem uma característica marcante na natureza, pois esses fungos têm a capacidade de bioacumular metais, pois os mesmos retiram as substâncias do substrato no qual se encontram bioacumulando-as. Porém essa ação complexa desses fungos ainda é incompreendida. A bioacumulação micelial de metais tem gerado bastante interesse farmacológico e nutricional.

A concentração desses elementos bioacumulados depende da espécie, do meio de cultivo e o gradiente de concentração (CHRISTOFOLE et al., 2020). Alguns fungos como *Agaricus subrufescens* tem capacidade de bioacumular zinco no micélio, *Pleurotus ostreatus* tem capacidade de bioacumular ferro em seu micélio, já a biomassa micelial de *P. ostreatus* e *L. crinitus* apresentou alta capacidade de bioacumular lítio (CHRISTOFOLE et al., 2020).

Em meio enriquecido com Na_2SeO_3 , *Pleurotus eryngii* apresentou grande capacidade de bioacumular selênio (ZHOU et al., 2021). Em meios enriquecidos com selênio e zinco, há um aumento na produção de compostos fenólicos, flavonóides e ácido ascórbico neste basidiomiceto (GASECKA et al., 2015).

2.4 Bioacumulação de ferro

O ferro é considerado um elemento essencial para os nossos processos metabólicos, porém de disponibilidade reduzida na natureza, no entanto é comum a população mundial sofrer com as carências de ferro. Os fungos basidiomicetos têm a capacidade de concentrar ou translocar metais em suas estruturas, e no geral possui um alto valor nutricional, e também se adapta seu crescimento a diferentes substratos e condições de cultivo (ALMEIDA, 2010).

A ingestão de ferro recomendada para crianças é de 10 mg/ dia, para homens é de 8mg/ dia, mulheres em idade reprodutiva 18 mg/ dia e para mulheres grávidas 27 mg/ dia (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006). A quantidade de ferro presente em

basidiomicetos bioacumulados com este metal os tornam uma importante fonte de ferro (Tabela 1).

Tabela 1 - Bioacumulação de ferro por basidiomicetos comestíveis

Fungo	Sal utilizado	Estrutura (biomassa/basidiocarpo)	Concentração bioacumulada	Fonte
<i>Lentinula edodes Pleurotus eryngii, Pleurotus ostreatus, Schizophyllum commune</i>	FeSO ₄	biomassa micelial	467,9 mg/kg - 3197,7 mg/kg	Umeo <i>et al.</i> , 2020
<i>Agaricus subrufescens</i>	FeSO ₄	biomassa micelial	2595 mg/kg	Umeo <i>et al.</i> , 2019
<i>Pleurotus ostreatus</i>	FeSO ₄	biomassa micelial	507-3616 mg/kg	Almeida <i>et al.</i> , 2015
<i>Agaricus bisporus</i>	FeCl ₃	biomassa micelial	0,62 -161,28 mg/g	Krakowska; Reczyński; Muszyńska, 2016
<i>Agaricus subrufescens, Ganoderma lucidum, Pleurotus ostreatus, Pleurotus eryngii, Schizophyllum commune</i>	Fe ₂ SO ₄ .7H ₂ O	biomassa micelial	587 mg/kg - 2181 mg/kg	Meniqueti <i>et al.</i> , 2020
<i>Lentinus crinitus</i>	FeSO ₄	biomassa micelial	15,07 dg/kg	Meniqueti <i>et al.</i> 2021
<i>Lentinus crinitus, Ganoderma lucidum, Schizophyllum commune, Pleurotus ostreatus, Pleurotus eryngii, Lentinula edodes, Agaricus subrufescens</i>	Fe ₂ SO ₄ .7H ₂ O	biomassa micelial	358 mg/kg - 1304 mg/kg	Scheid <i>et al.</i> , 2020.
<i>Pleurotus ostreatus</i>	FeSO ₄	basidiocarpo	478,66 mg/kg	Yokota <i>et al.</i> , 2016

Por exemplo, de acordo com Scheid et al., (2020), os fungos estudados *bioacumularam* entre 358 e 1304 mg/ kg de Fe na biomassa micelial, assim seriam necessários entre 13,8 e 50 g de biomassa bioacumulada com Fe para suprir a necessidade diária de mulheres em idade reprodutiva. Avaliando os dados de Umeo et al., (2020) seriam necessários de 5,6 a 38,4 g de biomassa micelial bioacumulada de ferro, dependendo do fungo utilizado. Assim, os basidiomicetos bioacumulados com ferro podem ser uma alternativa para a fabricação de nutracêuticos ou alimentos fortificados com ferro, para auxílio ao combate da anemia ferropriva.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bioacumulação de Ferro é uma opção viável para o tratamento e/ou suplementação da anemia ferropriva que é considerada um sério problema de saúde pública em vários países incluindo o Brasil, e que acomete principalmente mulheres em idade fértil e crianças. Constata-se que os basidiomicetos têm um alto potencial de bioacumular metais, assim seriam uma opção a mais para tratamento e/ou suplementação. As maiores bioacumulações de ferro ocorreram em *Pleurotus ostreatus*, *Schizophyllum commune*, *Agaricus subrufescens*, *Ganoderma lucidum* e *Pleurotus eryngii*. No entanto, mais estudos seriam necessários para verificar a importância da biodisponibilidade *in vitro*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINI, F. **Atividade anti-inflamatória e antinociceptiva de uma fração purificada de polissacarídeos de pleurotus sajor-caju**. Joinville: Santa Catarina. 2013. Disponível em: [http://D:/Arquivos%20Usu%C3%A1rio/Downloads/Dissertacao_MSMA_-_Versao_DefinitivaFrancine_Agostini%20\(1\).pdf](http://D:/Arquivos%20Usu%C3%A1rio/Downloads/Dissertacao_MSMA_-_Versao_DefinitivaFrancine_Agostini%20(1).pdf) . Acesso em: 14/09/2021.

ALMEIDA, S. M. de. **Translocação de ferro para o micélio de Pleurotus ostreatus**. 2010. Disponível em: <http://seshat.unipar.br/trabalho/translocacao-de-ferro-para-o-micelio-de-pleurotus-ostreatus/>. Acesso em: 10/09/2021.

ALMEIDA, S. M.; UMEO, S. H.; MARCANTE, R. C.; YOKOTA, M. E.; VALLE, J. S.; DRAGUNSKI, D. C.; COLAUTO, N. B.; LINDE, G. A. Iron bioaccumulation in mycelium of Pleurotus ostreatus. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 46, n. 1, p. 195-200, 2015. Disponível em: [10.1590 / S1517-838246120130695](https://doi.org/10.1590/S1517-838246120130695). Acesso em: 10/09/2021.

ANA CLARA BICALHO, A. C.; PAIVA, A. E. de K. S.; MARINS, N. P.; GARCIAS, P.; LIMA, RACHEL. **Importância dos cogumelos (pertencentes ao filo basidiomycota) para o homem e sua distribuição nos diversos biomas do Brasil**. Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/importancia-dos-cogumelos-pertencentes-ao-filo-basidiomycota-para-o-homem-e-sua-distribuicao-nos-diversos-biomas-do-brasil.pdf>. Acesso em: 14/09/2021.

BLACKWELL, M. The Fungi: 1, 2, 3... 5.1 million species?. United States: **American journal of botany**, 426–438. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/51165777_The_Fungi_1_2_3_51_million_species. Acessado em: 14/09/2021.

BORTOLINI, G. A.; FISBERG, M. Orientação nutricional do paciente com deficiência de ferro. **Rev. Bras. Hematol. Hemoter.** n.32 (Supl. 2), 2010, p.105-113. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-84842010005000070>. Acesso em: 01/11/2021.

BRASIL. Programa Nacional de Suplementação de Ferro Manual de Condutas Gerais, **Ministério da Saúde**, Brasília – DF. 2013. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_suplementacao_ferro_condutas_gerais.pdf. Acesso em: 21/7/2021.

CALHEIROS, M. S. C. **Efetividade do programa nacional de suplementação de ferro: estudo de base populacional com lactentes de 6 a 18 meses do estado de Alagoas**. 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/1768>. Acesso em: 15/7/2021.

CARLI R. de et al. **Bioacumulação de zinco em micélio de Agaricus subrufescens**. Umuarama, v. 17, n. 4, p. 249-252, out./dez. 2014.

CARVALHO; M. C. de; BARACAT, E. C. E; SGARBIERI, V. C. Anemia ferropriva e anemia de doença crônica: distúrbios do metabolismo de ferro. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.13, n.2, p.54-63, 2006. Disponível em: <https://www.saudedireta.com.br/docsupload/1340017780Anemias.pdf>. Acesso em: 20/06/2021.

CHRISTOFOLE, B. Ap. et al. Capacidade de bioacumulação de lítio por basidiomicetos: uma breve revisão. **Society and Development**, v. 9, n.12, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347800787_Capacidade_de_bioacumulacao_de_litio_por_basidiomicetos_-_uma_breve_revisao. Acesso em: 30/08/2021.

DALLMAN P. R. Iron deficiency and the immuneresponse. **Am J Clin Nutr.** v.34, 1987; p.329-334. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ajcn/46.2.329>. Acesso em: 01/06/2021.

GASECKA, Monika et al. Phenolic composition and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* enriched with selenium and zinc. **European Food Research and Technology**, v. 242, 2016, p. 723-732.

GIOVASIS, I. Bioactive fungal polysaccharides as potential functional ingredients in food and nutraceuticals, **Current Opinion Biotechnology**, v. 26, p. 162–173, 2014. Disponível em: [10.1016/j.copbio.2014.01.010](https://doi.org/10.1016/j.copbio.2014.01.010). Acesso em: 01/11/2021.

GONÇALVES, J. M. **Espécies comestíveis de cogumelos: perfil mineral, bioacumulação de metais e procedimento de preparo de material de referência certificado.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/8320>. Acesso em: 25/08/2021.

JESUS, L. Caracterização Estrutural de Polissacarídeos Isolados de Basidiomicetos e Avaliação de suas Atividade Biológicas. **Universidade Federal do Paraná.** Curitiba, 2017. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/69593/R%20-%20T%20-%20LIANA%20INARA%20DE%20JESUS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 01/11/2021.

LIMA, M. Ap. de L. Potencial biotecnológico de basidiomicetos isolados no estado do Paraná. Curitiba, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/26200>. Acesso em: 09/09/2021.

LIU, F. C.; LAI, M. T.; CHEN, Y. Y.; LIN, W. H.; CHANG, S. J.; SHEU, M. J.; WU, C. H. Elucidating the inhibitory mechanisms of the ethanolic extract of the fruiting body of the mushroom *Antrodia cinnamomea* on the proliferation and migration of murine leukemia WEHI-3 cells and their tumorigenicity in a BALB/c allograft tumor model. **Phytomedicine**, v. 20, n. 10, p. 874-882, 2013. Disponível em: <https://tmu.pure.elsevier.com/en/publications/elucidating-the-inhibitory-mechanisms-of-the-ethanolic-extract-of>. Acesso em: 09/09/2021.

MARTINS, M. M. F.; TEIXEIRA, M. C. P. Análise dos gastos das internações hospitalares por anemia falciforme no estado da Bahia. **Cad. Saúde Colet.** Jan-Mar 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1414-462X201700010209>. Acesso em: 19/10/2021.

NASCIMENTO, A. T. R.; AGUIAR, L. V. B. de; CAMPOS, C. S. JESUS, M. Ap. de **Avaliação do crescimento micelial de basidiomicetos comestíveis de ocorrência em Manaus em diferentes meios de cultivo e temperatura.** Manaus, 2012. Disponível em: Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/3301>. Acesso em: 19/ 10/ 2021.

NEGRÃO, R. G. **Fungos comestíveis.** 2017. Disponível em: <https://www.webartigos.com/storage/app/uploads/public/593/57a/232/59357a23291f1453300180.pdf>. Acesso em: 06/09/2021.

NEVES, L.; PAULA, M. T. de; BRITO, M.; BRAVO, M.; DINIZ, N. **Taxonomia de criptógmas fungos: filo basidiomycota.** Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/taxonomia-de-criptogmas-fungos-filo-basidiomycota.pdf>. Acesso em: 12/09/2021.

NIH. Ferro. Folha de dados para Profissionais da Saúde. **National Institutes of Health.** 30/03/2021. Disponível em: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iron-HealthProfessional/>. Acesso em: 01/11/2021.

OLIVEIRA, K. Atividade Antimicrobiana de Basidiomicetos Ocorrentes na Amazônia. **Universidade Federal do Amazonas.** Manaus, 2014. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/4285/2/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Karen%20Kelly%20Carvalho%20de%20Oliveira.pdf>. Acesso em: 10/09/2021.

OMS. Prevalência de anemia em mulheres em idade reprodutiva. **World Health Organization,** 19/04/2021. Disponível em: [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/prevalence-of-anaemia-in-women-of-reproductive-age-\(-\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/prevalence-of-anaemia-in-women-of-reproductive-age-(-)). Acesso em: 30/06/2021.

OMS. **Número de mulheres em idade reprodutiva (de 15 a 49 anos) com anemia (milhares).** **World Health Organization,** 06/04/2021. Disponível em: : [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/anaemia-in-women-of-reproductive-age-number-\(in-thousands\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/anaemia-in-women-of-reproductive-age-number-(in-thousands)). Acesso em: 24/10/2021.

OMS. **Prevalência de anemia em crianças de 6 a 59 meses.** **World Health Organization,** 31/03/2021. Disponível em: [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/prevalence-of-anaemia-in-children-under-5-years-\(-\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/prevalence-of-anaemia-in-children-under-5-years-(-)). Acesso em: 30/06/2021.

OTTEN, Jennifer J.; HELLWIG, Jennifer Pitz; MEYER, Linda D. Dietary Reference Intakes: The essential guide to nutrients requirements. **The National Acadamey press,** 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.3.924>. Acesso em 30/06/2021.

PESSOA, F. B. **Extração e caracterização química de polissacarídeos de basidiomicetos comestíveis de ocorrência na amazônia.** Manaus, 2016. Disponível em: <http://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5654>. Acesso em: 01/09/2021.

QUEIROZ; S. de S.; TORRES, M. A. de A. Anemia ferropriva na infância. **Jornal de Pediatria.** v. 76, Supl.nº.3, 2000. Disponível em: <http://www.jped.com.br/conteudo/00-76-s298/port.pdf>. Acesso em: 07/09/2021.

SCHEID, S. S.; FARIA, M.G.I.; VELASQUEZ, L. G. Iron biofortification and availability in the mycelial biomass of edible and medicinal basidiomycetes cultivated in sugarcane molasses. **Sci Rep.** v.10, n.12875, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69699-0>. Acesso em: 07/09/2021.

SILVA, P. da. Basidiomicetos. **Instituto de Botânica, S.P.** 2012. Disponível em: <https://www.infoescola.com/biologia/basidiomicetos/>. Acesso em: 07/09/2021.

SMANIA et al., Atividade antibacteriana de uma substância produzida pelo fungo *Pycnoporus sanguineus* (Fr.) Murr. *Journal of Ethnopharmacology*, 1995. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378874194012121>. Acesso em: 07/09/2021.

SILVA, A; VILLARINHO, A.; SOUZA, A. FISIOPATOLOGIA DA ANEMIA FERROPRIVA. **Simpósio**, [S.l.], n. 9, fev. 2021. ISSN 2317-5974. Disponível em: <http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/simposio/article/view/2215>. Acesso em: 12/09/2021.

TSAI, P. Ma. C. Wu. J. Uma nova glicoproteína do cogumelo *Hypsizygus marmoreus* (Peck) Bigelow com efeito inibidor de crescimento contra células U937 leucêmicas humanas. **Química Alimentar**, Volume 141, Edição 2, 2013 Páginas 1252-1258. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.024>. Acesso em: 12/09/2021.

UMEO, S. H; FARIA, M. G. I; DRAGUNSKI, D. C.; VALLE, J. S.; COLAUTO, N. B. LINDE, G. A. Iron Or Zinc Bioaccumulated In Mycelial Biomass Of Edible Basidiomycetes. **An Acad Bras Cienc.** v.92, n.20191350, 2020. Disponível em: [10.1590 / 0001-3765202020191350](https://doi.org/10.1590/0001-3765202020191350). Acesso em: 30/08/2021.

UMEO, Suzana Harue et al. Iron and zinc mycelial bioaccumulation in *Agaricus subrufescens* strains. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, 2019, p. 2513. Disponível em: [10.5433 / 1679-0359.2019v40n6p2513](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6p2513). Acesso em 30/06/2021.

Wang. Y, Shen. X, Liao. W, Fang. J, Chen. X, Doug. Q, Ding. K. Um heteropolissacarídeo, L-fuco-D-manno-1,6- α -D-galactan extraído de *Grifola frondosa* e atividade antiangiogênica de seu derivado sulfatado. **National Library of**

Medicine, 2014. Disponível em: [10.1016 / j.carbpol.2013.09.085](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.085). Acesso em: 30/06/2021

YAMAGISHI, J. A.; ALVES, T. P.; GERON, V. L.M.G.; LIMA, R. R. O. Anemia ferropriva: diagnóstico e tratamento. **Revista Científica**. Faculdade de Educação e Meio Ambiente. v. 8, n. 1, 2017, p. 99-110. Disponível em: <https://repositorio.faema.edu.br/bitstream/123456789/1837/1/YAMASGISHI%20et%20al..pdf>. Acesso em: 30/06/2021.

Zhang. J, Tang. Q, Zimmerman-Kordmann. M, Reutter. W, Fran. H. Ativação de linfócitos B por GLIS, um proteoglicano bioativo de *Ganoderma lucidum*. **National Library of Medicine**, 2002. Disponível em: [10.1016 / s0024-3205 \(02\) 01690-9](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(02)01690-9). Acesso em: 12/09/2021.

ZHOU, F. et al. Influence of processing methods and exogenous selenium species on the content and in vitro bioaccessibility of selenium in *Pleurotus eryngii*, **Food Chemistry**, v. 338, 2021. Disponível em: [10.1016 / j.foodchem.2020.127661](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127661). Acesso em 30/06/2021.