

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

ISAIAS ASSIS ALVES

**POTENCIAL DAS LEVEDURAS EM PRODUTOS BIOLÓGICOS PARA
AGRICULTURA: DE PROMOTORES DE CRESCIMENTO VEGETAL A
AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO**

Araras
2026

ISAIAS ASSIS ALVES

POTENCIAL DAS LEVEDURAS EM PRODUTOS BIOLÓGICOS PARA AGRICULTURA: DE PROMOTORES DE CRESCIMENTO VEGETAL A AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos, como parte das exigências para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Araras, 05 de fevereiro de 2026

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Márcia Maria Rosa Magri
Orientadora - DRNPA/CCA/UFSCar

Me. Bruna Casagrande Amorin da Silva

Me. José Machado da Silva Neto

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, gostaria de expressar minha gratidão a Deus por ter me acompanhado nesta jornada. Chegar até este momento não foi fácil, e tenho certeza que a minha fé me deu forças para estar aqui hoje.

Primeiramente, quero agradecer a minha família, mas principalmente a minha mãe Francisca, uma mulher forte que me ensinou a ser um Ser Humano autêntico e batalhador. Tudo o que eu tenho e sou hoje é graças a minha mãe, e eu serei eternamente grato à ela por sempre estar ao meu lado. Mãe, eu te amo daqui ao infinito!

Agradeço à minha orientadora, professora Dr^a. Márcia Maria Rosa Magri, que me acolheu como seu aluno de iniciação científica, e posteriormente, como seu aluno de TCC. Com você, pude aprender que o fazer ciência vai muito além de apenas dados e experimentos, é algo maior. Obrigado pela acolhida, principalmente nos momentos mais difíceis, e por toda parceria de trabalho.

Aos meus amigos de Araras, agradeço de todo o meu coração. A caminhada universitária não teria sido a mesma sem vocês, e definitivamente, eu não teria chegado até aqui sem a ajuda de cada um. Vocês foram a minha família, o meu abrigo nestes 6 longos anos, da convivência diária, do cotidiano, e das aventuras mais loucas e insalubres que poderíamos ter. Bruna Amorin, Bianca Silva, Gabriel Scanavachi, Matheus Fernandez, Inara Rossi, Neto, Camila Camilo, Mariana Routh, Guilherme Amaral, Natália Cristina, Fabiana Cavalcante, e mais alguns outros, o meu muito obrigado. As amizades são protetivas, e de fato, vocês salvaram a minha vida todos os dias.

Agradeço também à Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) pela oportunidade de ter estado aqui e aos professores e colegas de turma que passaram pela minha trajetória. Ter chegado até aqui foi além de tudo o que eu já imaginei viver, e me abriu portas incríveis. De fato, a universidade pública, gratuita e de qualidade transforma vidas. Levarei a UFSCar em meu coração como o meu lar. Além disso, agradeço aos meus amigos e colegas do LAMAM, vocês foram essenciais para a minha formação e vivência na universidade. Sou feliz em saber que faço parte desta família.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a mim por ter tido coragem de enfrentar todos os desafios que a vida me apresentou nesta trajetória. Somente eu sei tudo o que vivi, senti e abri mão para estar aqui, e ver onde eu cheguei traz um imenso orgulho ao meu coração. Isso mostra a minha capacidade de enfrentar desafios e seguir minha vida daqui em diante. E para

finalizar, digo ao pequeno Isaiás que sempre sonhou em ser cientista, mas sempre achou que fosse algo impossível: “Nunca desista do que você quer. Tu ainda vai MUITO longe na vida”.

SUMÁRIO

RESUMO	02
ABSTRACT	03
1. INTRODUÇÃO	04
2. OBJETIVOS	06
2.1 Objetivo geral	06
2.2 Objetivo específico	06
3. METODOLOGIA	06
4. RESULTADOS	07
4.1 Busca na literatura	07
4.2 Leveduras de solo: Diversidade e interação com plantas	09
4.3 Mecanismos de promoção de crescimento vegetal	16
4.3.1 Produção de ácido indolacético	17
4.3.2 Solubilização de fósforo	19
4.3.3 Produção de sideróforos	20
4.3.4 Outros mecanismos	21
4.4 Controle Biológico	22
5. MÉTODOS DE APLICAÇÃO DAS LEVEDURAS EM PLANTAS	23
6. CONCLUSÃO	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

RESUMO

Na agricultura, as leveduras vêm sendo estudadas devido sua presença natural nos solos, podendo estabelecer relações ecológicas com as plantas. Pesquisas mostram que estes microrganismos podem proporcionar benefícios aos vegetais aos quais estão naturalmente associados. Dentre os benefícios observados podemos destacar a produção de fitohormônios, a capacidade de algumas espécies em solubilizar minerais, a produção de sideróforos, a aplicação no controle biológico de fitopatógenos, entre outros. Apesar disso, o potencial do uso de leveduras na agricultura é ainda pouco estudado, se comparado aos outros grupos microbianos. Esta revisão teve por objetivo o levantamento de trabalhos da literatura científica sobre leveduras, sua associação às plantas e potenciais mecanismos de promoção de crescimento vegetal, a fim de compreender melhor o seu potencial como agente biológico, e o seu emprego como bioinsumo na agricultura. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura nas bases PubMed, Scopus e Web of Science, contemplando estudos em inglês publicados nos últimos 25 anos. Após a remoção de duplicatas, os artigos foram selecionados por triagem de títulos, resumos e textos completos. Foram incluídos estudos que investigaram leveduras isoladas de solo e rizosfera ou de bancos microbianos, avaliando seu uso na promoção do crescimento vegetal e/ou no controle biológico de fitopatógenos. Os gêneros *Candida*, *Cryptococcus*, *Pichia* e *Meyerozyma* foram os mais estudados. Os trabalhos trazem uma relação direta entre uma maior produção de AIA pelas leveduras, e um incremento no desenvolvimento das plantas inoculadas, além disso, mostram que as leveduras estudadas apresentam boa capacidade de solubilização de minerais. Os trabalhos também destacaram a ação das leveduras como agentes de controle biológico.

Palavras-Chave: Leveduras; Promoção de Crescimento Vegetal; Controle Biológico

ABSTRACT

In agriculture, yeasts have been increasingly studied due to their natural presence in soils and their ability to establish ecological relationships with plants. Research indicates that these microorganisms can provide several benefits to their associated plants, including the production of phytohormones, the ability of some species to solubilize minerals, the production of siderophores, and their application in the biological control of phytopathogens, among others. Despite this, the potential use of yeasts in agriculture remains less explored compared with other microbial groups. This review aimed to survey the scientific literature on yeasts, their association with plants, and the potential mechanisms involved in plant growth promotion and biological control, in order to better understand the potential of yeasts as plant growth-promoting agents and their use as bioinputs in agriculture. A systematic literature review was conducted using the PubMed, Scopus, and Web of Science databases, including studies published in English over the last 25 years. After the removal of duplicates, articles were selected through the screening of titles, abstracts, and full texts. Studies investigating yeasts isolated from soil and the rhizosphere or obtained from microbial culture collections were included, evaluating their use in plant growth promotion and/or biological control of phytopathogens. The genera *Candida*, *Cryptococcus*, *Pichia*, and *Meyerozyma* were the most frequently studied regarding plant growth-promoting potential. The studies demonstrated a direct relationship between higher indole-3-acetic acid (IAA) production by yeasts and increased development of inoculated plants, as well as a strong capacity for mineral solubilization. In addition, the studies highlighted the role of yeasts as effective biological control agents.

Keywords: Yeast; Plant Growth Promotion; Biological Control

1. Introdução

No reino *Fungi*, a maioria das leveduras estão inseridas nos filos *Ascomycota* e *Basidiomycota*, sendo encontradas naturalmente no solo, nas plantas, nos alimentos, na pele, no intestino de animais e nos insetos (Akan *et al.*, 2020; Botha, 2011). Este grupo microbiano pode utilizar em seu metabolismo energético a respiração aeróbica e/ou a fermentação de açúcares (Hagman, A; Piskur, J., 2015). Uma espécie de levedura bastante conhecida é a *Saccharomyces cerevisiae* que, sob condições de aerobiose, utiliza carboidratos, como a glicose, como doadora de elétrons na respiração, produzindo dióxido de carbono (CO₂) e água, e sob condições de anaerobiose pode utilizar este mesmo carboidrato, produzindo etanol, através do processo fermentativo (Kowalska *et al.*, 2022; Villers *et al.*, 2017). Há ainda espécies de leveduras, como *Saccharomyces cerevisiae* que fermentam em ambientes com alta concentração de açúcares disponíveis, mesmo na presença de oxigênio, em um efeito chamado *CrabTree* (Zhang *et al.*, 2022). Devido a esta característica, este grupo tem importância em alguns setores da indústria, na produção de energia, alimentos e bebidas fermentadas, como na produção de queijos, pães, cervejas e destilados (Couto *et al.*, 2022; Da Silva *et al.*, 2011).

Na agricultura, as leveduras vêm sendo estudadas devido sua presença natural nos solos, podendo estabelecer relações ecológicas com as plantas (Botha, 2011). Estudos mostram que este grupo microbiano pode proporcionar benefícios aos vegetais aos quais estão naturalmente associados (Amprayn *et al.*, 2012; Devi *et al.*, 2025; Gollner *et al.*, 2006; Radić *et al.*, 2022), através de mecanismos como a produção de fitohormônios, destacando o ácido indol-3-acético (AIA) (Nimsi *et al.*, 2024) um tipo de auxina que regula crescimento, promove a diferenciação e o desenvolvimento radicular, principalmente em sua fase inicial (Freimoser *et al.*, 2019). Outro mecanismo observado em leveduras de solo é a capacidade de algumas espécies em solubilizar minerais, como fósforo, zinco e potássio (Fu *et al.*, 2016),

transformando esses elementos em formas solúveis e disponíveis para serem absorvidos pelas plantas, auxiliando, desta forma, a nutrição vegetal. Leveduras também podem ser aplicadas no controle biológico de fitopatógenos, seja esse controle direto, promovendo a morte ou impedindo o crescimento de fungos ou bactérias patogênicas (Bispo *et al.*, 2023); ou indireto, por induzir resistência sistêmica às plantas (Ignatova *et al.*, 2015). Este último mecanismo pode também ser útil para aliviar os efeitos de estresses abióticos nas plantas, causados por escassez hídrica, alterações de temperatura e salinidade (Leguina *et al.*, 2019). Desta maneira, através destes mecanismos, podemos considerar as leveduras como potenciais agentes de promoção de crescimento vegetal (Nimsi *et al.*, 2023).

Apesar dos trabalhos que já existem na literatura voltados a este tema, eles ainda são bastante incipientes, principalmente quando comparados aos estudos sobre a aplicação de bactérias e fungos filamentosos na agricultura (Cong *et al.*, 2009). Dentre os produtos biológicos registrados pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) para uso na agricultura brasileira, não há produtos à base de leveduras (Brasil, 2025), entretanto, o uso de produtos biológicos formulados a partir de bactérias e fungos filamentosos, tem se estabelecido como forma sustentável de promover o desenvolvimento vegetal e o controle biológico de pragas e doenças das culturas agrícolas de interesse econômico (Leguina *et al.*, 2021; Sarabia *et al.*, 2017). Este fato torna imperativo que se realize mais estudos que aprofundem os conhecimentos sobre o potencial biotecnológico das leveduras oriundas da diversidade edáfica brasileira como bioinsumo .

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo o levantamento de trabalhos da literatura científica sobre leveduras, sua associação às plantas e potenciais mecanismos de promoção de crescimento vegetal. Espera-se que essa revisão contribua para uma melhor compreensão do potencial das leveduras como agente de promoção de crescimento vegetal, e o seu emprego como bioinsumo na agricultura, estimulando o emprego dos microrganismos

para a redução e/ou substituição de insumos químicos por produtos menos agressivos e poluentes, no caminho de uma agricultura mais sustentável.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Levantar e analisar trabalhos científicos que investigaram leveduras associadas a plantas e seus mecanismos no desenvolvimento vegetal, considerando suas múltiplas funções e potenciais aplicações como bioinsumo agrícola.

2.2 Objetivos Específicos

- Levantar e identificar estudos sobre os efeitos das leveduras na promoção de crescimento e nutrição vegetal;
- Levantar e identificar estudos sobre o papel das leveduras no controle biológico de fitopatógenos, avaliando sua capacidade de antagonismo e proteção das plantas;
- Sistematizar os dados considerando: espécies de leveduras e espécies vegetais estudados, principais funções avaliadas, resultados obtidos, países e períodos de publicação.

3. Metodologia

Foi realizada uma pesquisa na literatura para identificar estudos que avaliaram a interação entre leveduras e plantas, e o impacto na promoção de crescimento vegetal e/ou controle biológico. Foram utilizadas as seguintes bases de dados eletrônicas: PubMed, Scopus e Web of Science. O levantamento foi limitado a estudos publicados em inglês, considerando uma maior abrangência de resultados, uma vez que as principais revistas com altos fatores de impacto também publicam seus artigos em inglês. Foram utilizados os seguintes termos de

busca: “plant growth promoting yeast” OR “rhizosphere yeast” OR “soil yeast”. A busca foi realizada considerando a data de publicação para os últimos 25 anos. Após a remoção de duplicatas, os estudos foram triados com base nos títulos e resumos. Os artigos em texto completo dos estudos que atenderam aos critérios de inclusão foram recuperados e avaliados quanto à elegibilidade. Foram considerados elegíveis os estudos que envolveram o isolamento de leveduras de solo e rizosfera, e/ou o emprego de linhagens de leveduras de bancos microbianos, e a avaliação da inoculação destes em plantas para promoção de crescimento vegetal (com o estudo dos mecanismos envolvidos) e/ou o controle biológico de fitopatógenos.

4. Resultados

4.1. Busca na literatura

A pesquisa na literatura realizada identificou 36 registros para “plant growth promoting yeast”, 20 registros para “rhizosphere yeast”, e 250 registros para “soil yeast”. Após a remoção de registros duplicados, foram triados os títulos e resumos de todos os registros restantes, com base nos critérios de exclusão estabelecidos. Após a leitura dos textos, 27 estudos atenderam aos critérios e foram incorporados ao texto de revisão.

Foi possível observar que houve um aumento no número de publicações nos últimos 9 anos (Figura 1), o que indica um interesse crescente dos cientistas no estudo das leveduras como potencial agente para o uso na agricultura. Outro ponto considerado foram os países onde os estudos foram conduzidos. Dentre os selecionados, a Índia é a origem do maior número de trabalhos, seguido do Egito e México. Dois estudos brasileiros foram selecionados, o mesmo número que Argentina, Espanha, Tailândia e Taiwan (Figura 2).

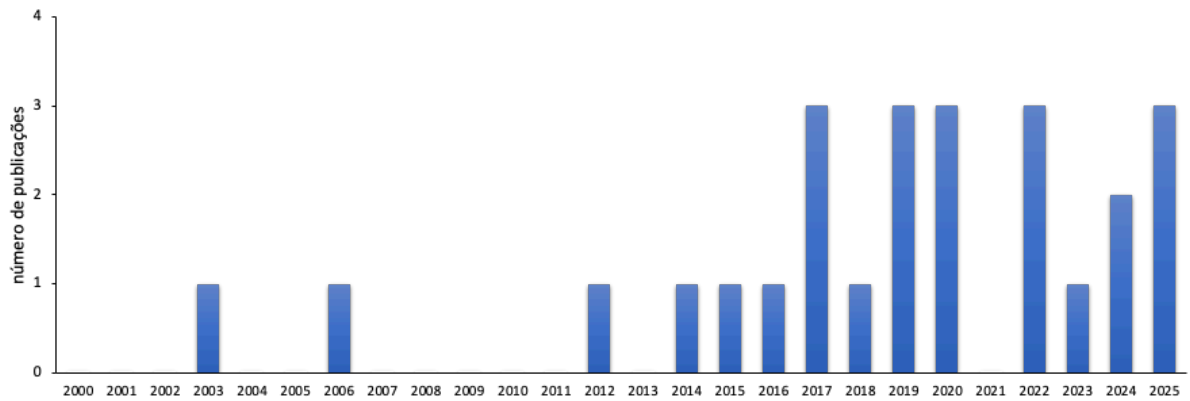
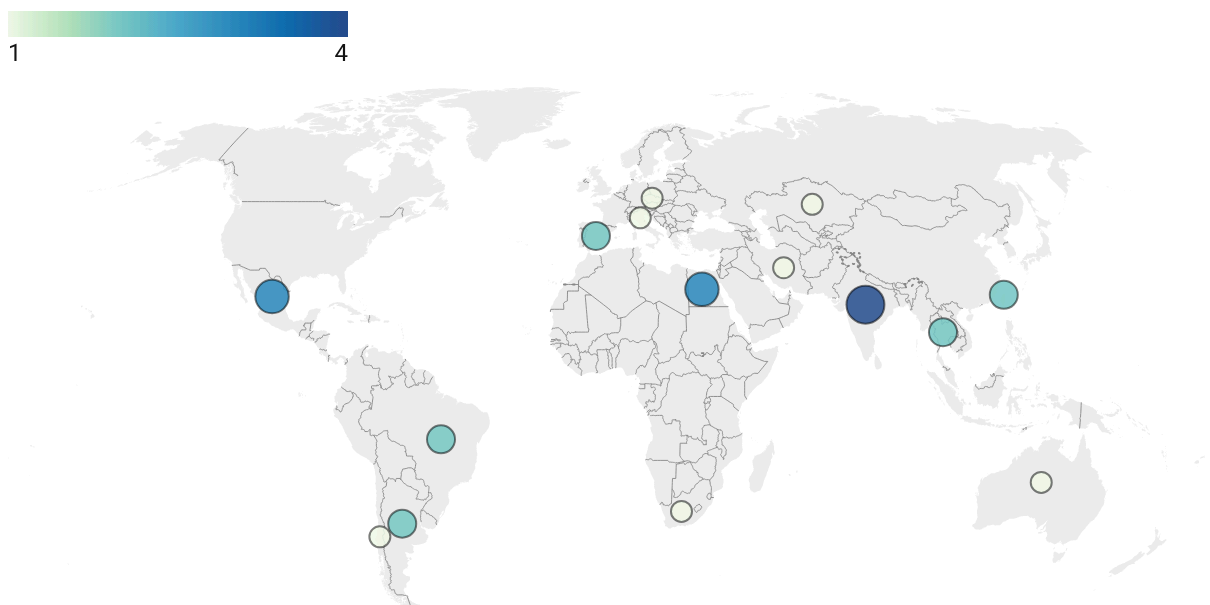


Figura 1. Distribuição das publicações selecionadas para o estudo nos diferentes anos de publicação.

Observou-se que os trabalhos de isolamento, caracterização e seleção de cepas de levedura para promoção de crescimento vegetal foram desenvolvidos, em grande parte, em países de clima tropical e subtropical dominante, e que possuem a agricultura como setor estratégico, onde estes estudos podem trazer benefícios diretos à produção vegetal e consequentemente à economia do país.



Criado com Datawrapper

Figura 2. Distribuição global dos estudos incluídos nesta revisão. O tamanho e cor dos círculos em cima dos países indica o número de estudos publicados.

Apesar da distância geográfica, Egito, Índia, México, Brasil e Tailândia compartilham características estruturais, climáticas e socioeconômicas comuns (Samarasinghe *et al.*, 2021), típicas de economias emergentes do Sul Global, onde a agricultura, a variabilidade ambiental e a pesquisa aplicada, como a seleção de cepas microbianas, desempenham um papel central na produção científica.

4.2. Leveduras de solo: diversidade e interação com plantas

Podemos encontrar leveduras nos mais variados tipos de solos, em todos os continentes do globo. Considerando os trabalhos selecionados, foi possível observar que os gêneros *Candida*, *Cryptococcus*, *Pichia* e *Meyerozyma* foram os mais estudados quanto ao potencial de promoção de crescimento vegetal, seguidos por *Rhodotorula*, *Trichosporon*, *Saccharomyces*, *Papiliotrema*, *Debaromyces* e *Aureobasidium* (Figura 3).

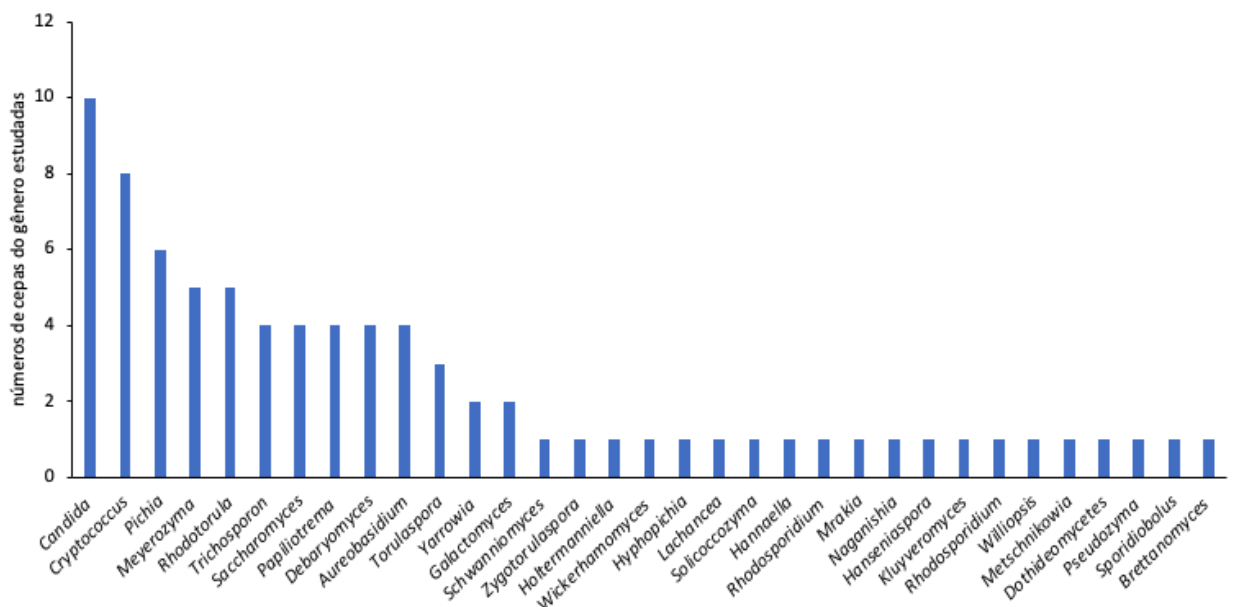


Figura 3. Gêneros de levedura nos estudos selecionados quanto ao potencial de promoção de crescimento vegetal.

A maioria dos resultados observados relacionados a promoção crescimento vegetal foram obtidos com a inoculação de leveduras do gênero *Candida*, sendo estudadas as espécies *Candida diddensiae* e *Candida subhashii* associadas às culturas de trigo (*Triticum aestivum*) (El-Maraghy *et al.*, 2020), *Candida pseudointermedia* associada às culturas de milho (*Zea mays*) e tomate cereja (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) (Bispo *et al.*, 2023; Chen *et al.*, 2022), *Candida railenensis*, *Candida tropicalis* e *Candida sake* associadas às culturas de arroz (*Oryza sativa*) e milho (*Zea mays*) (Amprayn *et al.*, 2012; Gollner *et al.*, 2006; Sarabia *et al.*, 2017), *C. tropicalis* e *Candida sorboxylosa* também associadas à cultura de tomate cereja (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) (Chen *et al.*, 2022) e *Candida sp* associada às culturas de feijão-mungo (*Vigna radiata*) e cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) (Salam *et al.*, 2017; Silambarasan *et al.*, 2017).

Nos trabalhos desenvolvidos por Salam (2017) e Silambarasan (2017), a inoculação de *Candida sp.* em feijão-mungo e cana-de-açúcar promoveu aumento significativo na biomassa vegetal, sendo identificado que a cepa possui a capacidade de produção de ácido indolacético (AIA). Tanto as leveduras *Candida diddensiae* e *Candida subhashii*, associadas a cultura de trigo (El-Maraghy *et al.*, 2020), quanto *Candida sake* e *Candida tropicalis* associadas a milho e arroz (Amprayn *et al.*, 2012; Gollner *et al.*, 2006), promoveram o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas. Essas espécies de levedura foram capazes, em análise preliminar, de solubilizar fosfato, produzir AIA, sideróforo, e a enzima ACC deaminase, promovendo também a resistência das plantas ao estresse salino (Amprayn *et al.*, 2012; El-Maraghy *et al.*, 2020). A inoculação de *Candida pseudointermedia* em milho também promoveu maior crescimento das plantas, sendo a espécie também produtora de AIA (Bispo *et al.*, 2023). A levedura *Candida railenensis* também promoveu maior crescimento de plantas de milho, em especial em solos com grande teor de fósforo (Sarabia *et al.*, 2017).

O gênero *Cryptococcus* foi utilizado de forma recorrente nos trabalhos como promotor de crescimento vegetal. Dentre as espécies estudadas estão *Cryptococcus sp*, *C. flavus*, e *C. aerius* associado à cultura de milho (Bispo *et al.*, 2023; Gollner *et al.*, 2006; Sarabia *et al.*, 2017; Sarabia *et al.*, 2018^b), *C. flavus* relacionado às culturas de arroz e cana de açúcar (Nutaratat *et al.*, 2014), e *C. laurentii* associados às culturas de feijão e tomate cereja (Boby *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2022). Cepas de *Cryptococcus sp* e *C. flavus* apresentaram bons resultados quanto ao crescimento vegetal, promovendo incrementos significativos de peso seco das plantas (Bispo *et al.*, 2023; Sarabia *et al.*, 2017; Sarabia *et al.*, 2018^b). *C. flavus* também apresentou, em ensaios preliminares, bom desempenho na produção de celulase, produção de amônia e solubilização de fósforo (Nutaratat *et al.*, 2014). Ademais, as espécies *C. laurentii* e *C. aerius*, assim como as anteriores, apresentam bons resultados como promotores de crescimento, destacando a capacidade de produção de AIA com o auxílio de *C. laurentii* e *C. aerius*. (Boby *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2022; Gollner *et al.*, 2006).

De acordo com Millan e colaboradores (2020) e Targino *et al.* (2022), as leveduras *Pichia diana*e e *Meyerozyma guilliermondii* associadas às culturas de milho, tabaco (*Nicotiana tabacum*) e alface (*Lactuca sativa*), *Pichia fermentans*, *Pichia bruneiensis*, *Pichia occidentalis*, *Meyerozyma caribbica* e também *M. guilliermondii* associadas à cultura de tomate cereja (Chen *et al.*, 2022). As duas espécies de *Meyerozyma* apresentam boa produção de AIA, sendo *M. caribbica* também produtora de amônia, favorecendo um crescimento vigoroso das plantas de tomate (Targino *et al.*, 2022), enquanto *M. guilliermondii* e *P. diana*e proporcionaram um melhor desenvolvimento vegetal, com aumento do peso seco e um maior teor de clorofila para as plantas de tabaco e de alface (Millan *et al.*, 2020). As leveduras *P. occifentalis*, *P. fermentans*, *P. diana*e e *P. bruneiensis* apresentaram características que podem auxiliar no desenvolvimento vegetal, como a solubilização de minerais, tais como o fósforo, e a produção de catalase (Chen *et al.*, 2022).

Distribuição de espécies de leveduras pela localização geográfica e tipos de solo			
Levedura	Localização	Tipos de solo	Referência
<i>Papiliotrema laurentii</i> ;	Argentina	Não especificado (rizosfera de tomate)	Leguina <i>et al.</i> , 2019
<i>Tausonia pullulans</i> ; <i>Lachancea nothofagi</i> ; <i>Candida saitoana</i> ; <i>Saccharomyces eubayanus</i> ;	Argentina	Não especificado (Coleção biológica)	Mestre <i>et al.</i> , 2021
<i>Tausonia pullulans</i> ; <i>Candida saitoana</i> ; <i>Saccharomyces eueubayanus</i> ;	Argentina	Não especificado	Mestre <i>et al.</i> , 2024
<i>Meyerozyma guilliermondii</i> ; <i>Meyerozyma caribbica</i> ;	Brasil	Não especificado (Raízes de milho)	Targino <i>et al.</i> , 2022
<i>Torulaspora globosa</i> ; <i>Aureobasidium pullulans</i> ; <i>Candida pseudointermedia</i> ; <i>Trichosporon asahii</i> ; <i>Cryptococcus sp</i> ;	Brasil	Latossolo	Bispo <i>et al.</i> , 2023
<i>Rhodotorula sp</i> ;	Chile	Não especificado (rizosfera de acelga)	Silambarasan <i>et al.</i> , 2019
<i>Cryptococcus flavus</i> ; <i>Candida railenensis</i> ;	México	Não especificado	Sarabia <i>et al.</i> , 2017
<i>Cryptococcus flavus</i> ; <i>Candida railenensis</i> ;	México	Não especificado	Sarabia <i>et al.</i> , 2018 ^a
<i>Candida railenensis</i> ; <i>Clavispora lusitaniae</i> ; <i>Cryptococcus flavus</i> ; <i>Filobasidium globisporum</i> ; <i>Meyerozyma caribbica</i> ;	México	Não especificado (solo com milho)	Sarabia <i>et al.</i> , 2018 ^b

Distribuição de espécies de leveduras pela localização geográfica e tipos de solo			
<i>Cryptococcus flavus</i> ; <i>Solicoccozyma aerea</i> ; <i>Cryptococcus railenensis</i> ;			
<i>Rhodotorula sp</i> ; <i>Mrakia sp</i> ; <i>Naganishia sp</i> ;	México	Não especificado (rizosfera de tomate)	Tapia-Vázquez <i>et al.</i> , 2020
<i>Papiliotrema laurentti</i> ;	África do Sul	Não especificado	Heever <i>et al.</i> , 2025
<i>Brettanomyces naardensis</i>	Egito	Não especificado	Nafady <i>et al.</i> , 2019
<i>Yarrowia lipolytica</i> ; <i>Candida diddensiae</i> ; <i>Trichosporon gamsii</i> ; <i>Trichosporon ovoides</i> ; <i>Yarrowia lipolytica</i> ; <i>Candida subhashii</i> ; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ;	Egito	Não especificado (rizosfera de trigo)	El-Maraghy <i>et al.</i> , 2020
<i>Yarrowia lipolytica</i> ; <i>Candida diddensiae</i> ; <i>Trichosporon gamsii</i> ; <i>Trichosporon ovoides</i> ; <i>Yarrowia lipolytica</i> ; <i>Candida subhashii</i> ; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ;	Egito	Não especificado (Rizosfera de trigo)	Hussein <i>et al.</i> , 2022
<i>Yarrowia lipolytica</i>	Irã	Não especificado (Coleção biológica)	Karimi <i>et al.</i> , 2025
<i>Candida sake</i> ; <i>Cryptococcus aerius</i> ; <i>Williopsis californica</i> ;	República Tcheca	Não especificado (Rizosfera de milho)	Gollner <i>et al.</i> , 2006

Distribuição de espécies de leveduras pela localização geográfica e tipos de solo			
<i>Trichosporon dulcitum</i> ; <i>Trichosporon porosum</i> ; <i>Cryptococcus terricola</i> ; <i>Cryptococcus aerius</i> ; <i>Cryptococcus gastricus</i> ; <i>Cryptococcus podzolicus</i> ; <i>Candida vartiovaarae</i> ;	Alemanhã	Não especificado	Yurkov <i>et al.</i> , 2012
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ; <i>Meyerozyma guilliermondii</i> ; <i>Papiliotrema diana</i> ;	Espanha	Não especificado (rizosfera de parreira)	Millan <i>et al.</i> , 2020
<i>Holtermanniella festucosa</i> ; <i>Debaryomyces hansenii</i> ; <i>Debaryomyces prosopidis</i> ; <i>Debaryomyces udanii</i> ; <i>Naganishia uzbekistanensis</i> ; <i>Papiliotrema terrestris</i> ; <i>Schwanniomyces etchellsii</i> ; <i>Solicoccozyma phenolica</i> ; <i>Wickerhamomyces anomalus</i> ; <i>Zygorulasporea florentina</i> ;	Itália	Não especificado (coleção biológica)	Ruspi <i>et al.</i> , 2024
<i>Candida fluviatilis</i> ; <i>Candida membranifaciens</i> ; <i>Candida sake</i> ; <i>Schwanniomyces capriottii</i> ; <i>Schwanniomyces occidentalis</i> ; <i>Papiliotrema flavescens</i> ; <i>Rhodotorula mucilaginosa</i> ;	Rússia	Tecnossolos úrbicos; (solo parques urbanos)	Glushakova <i>et al.</i> , 2022
<i>Aureobasidium pullulans</i> ; <i>Rhodotorula mucilaginosa</i> ;	Cazaquistão	Solo castanho ou Castanozem	Ignatova <i>et al.</i> , 2015
<i>Rhodotorula mucilaginosa</i> ; <i>Metschnikowia pulcherrima</i> ;	Índia	Não especificado (Coleção biológica)	Boby <i>et al.</i> , 2008

Distribuição de espécies de leveduras pela localização geográfica e tipos de solo			
<i>Trichosporon cutaneum</i> ; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ; <i>Cryptococcus laurentii</i> ; <i>Debaryomyces occidentalis</i> ;			
<i>Candida sp</i> ;	Índia	Solo argiloso	Salam <i>et al.</i> , 2017
<i>Wickerhamomyces sp.</i>	Índia	Não especificado (Rizosfera de milho)	Srinivasan <i>et al.</i> , 2022
<i>Debaryomyces hansenii</i> ;	Índia	Não especificado	Kaur <i>et al.</i> , 2024
<i>Hannaella sinensis</i> ; <i>Cryptococcus flavus</i> ; <i>Rhodosporidium paludigenum</i> ; <i>Torulaspota globosa</i> ; <i>Pseudozyma antarctica</i> ; <i>Pseudozyma rugulosa</i> ; <i>Meyerozyma guilliermondii</i> ; <i>Kodamaea ohmeri</i> ; <i>Rhodotorula taiwanensis</i> ;	Tailândia	Não especificado	Nutaratat <i>et al.</i> , 2014
<i>Candida sp</i> ;	Tailândia	Não especificado (Rizosfera de <i>Phaseolus vulgaris</i>)	Silambarasan <i>et al.</i> , 2017
<i>Aureobasidium pullulans</i> ; <i>Candida sp</i> ; <i>Hanseniaspora uvarum</i> ; <i>Meyerozyma caribbica</i> ; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ; <i>Torulaspota sp</i> ; <i>Galactomyces candidum</i> ; <i>Cryptococcus laurentii</i> ; <i>Pseudozyma aphidis</i> ;	Taiwan	Não especificado (rizosfera de <i>Drosera spatulata</i>)	Fu <i>et al.</i> , 2016

Distribuição de espécies de leveduras pela localização geográfica e tipos de solo			
<i>Aureobasidium pullulans</i> ; <i>Candida intermedia</i> ; <i>Candida sorboxylosa</i> ; <i>Candida tropicalis</i> ; <i>Debaryomyces hansenii</i> ; <i>Debaryomyces nepalensis</i> ; <i>Pichia kudriavzevii</i> ; <i>Hanseniaspora uvarum</i> ; <i>Galactomyces candidum</i> ; <i>Galactomyces geotrichum</i> ; <i>Kluyveromyces sp.</i> ; <i>Meyerozyma caribbica</i> ; <i>Meyerozyma guilliermondii</i> ; <i>Pichia fermentans</i> ; <i>Pichia bruneiensis</i> ; <i>Pichia occidentalis</i> ; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ; <i>Cryptococcus laurentii</i> ; <i>Papiliotrema flavescens</i> ; <i>Rhodospiridium paludigenum</i> ;	Taiwan	Não especificado (Rizosfera de tomate cereja)	Chen <i>et al.</i> , 2022
<i>Candida tropicalis</i> ;	Austrália	Não especificado (Rizosfera de arroz)	Amprayn <i>et al.</i> , 2012

Tabela 1. Relação das leveduras apresentadas nos artigos de revisão, tipo de solo em que ocorrem e sua localização geográfica.

4.3. Mecanismos de promoção de crescimento vegetal

As leveduras promotoras de crescimento vegetal (LPCV) são assim caracterizadas por apresentarem um ou mais mecanismos relacionados à promoção de crescimento vegetal. Dentre os mecanismos considerados podemos citar a produção de hormônios vegetais, a solubilização e disponibilização de minerais importantes para a nutrição das plantas, a produção de sideróforos (Millan *et al.*, 2020) e a produção de outras moléculas (enzimas

hidrolíticas, toxinas antimicrobianas, compostos voláteis, entre outras) que atuam tanto no desenvolvimento vegetal, quanto no controle biológico de fitopatógenos, e na indução da resistência sistêmica a planta (Boby *et al.*, 2008). A Figura 4 apresenta os mecanismos identificados nos trabalhos selecionados, sendo estes observados nas cepas estudadas como potenciais mecanismos relacionados à ação de promoção de crescimento vegetal. É possível observar que dentre os mecanismos identificados, a produção de ácido indolacético (AIA) é a que mais se destaca, seguido da solubilização de fósforo.

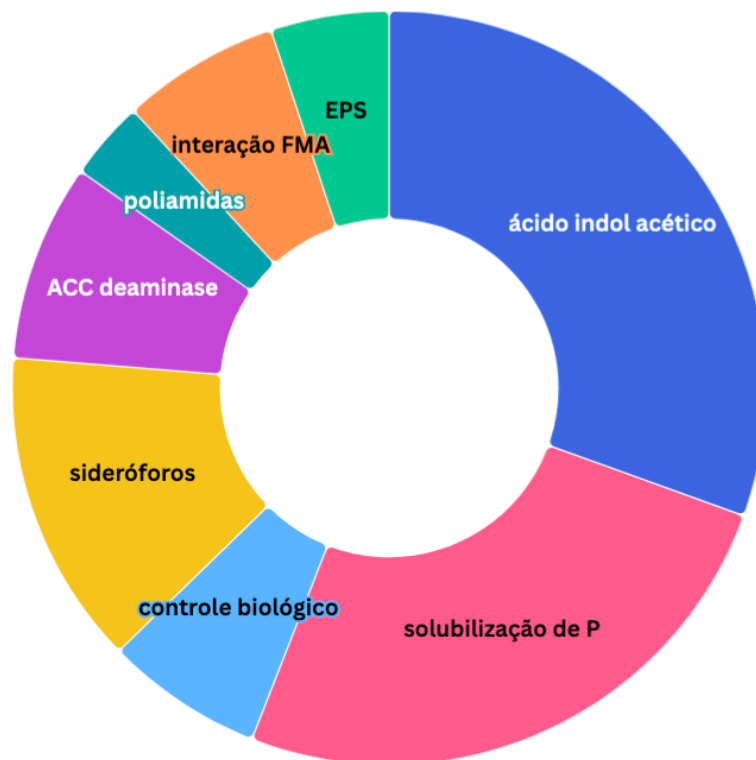


Figura 4. Mecanismos relacionados à promoção de crescimento vegetal identificados nas cepas de levedura dos estudos selecionados.

4.3.1. Produção de ácido indol acético

As auxinas são um grupo de hormônios vegetais de grande importância, responsável pelo desenvolvimento inicial das plantas, no alongamento celular, e na regulação dos processos de dominância apical (Mestre *et al.*, 2021; Ono *et al.*, 2004). O ácido

indol-3-acético (AIA) é uma das auxinas mais abundantes (Ignatova *et al.*, 2015), com sua produção ocorrendo naturalmente pelas plantas. Algumas leveduras têm a capacidade de produzir o AIA (Mestre *et al.*, 2024), o que pode favorecer uma maior absorção desta molécula pelas plantas (Amprayn *et al.*, 2012). O aminoácido L-triptofano é uma molécula que pode agir como precursora para a síntese de AIA pelas leveduras (Ignatova *et al.*, 2015), sendo que estes microrganismos podem possuir duas vias bioquímicas para a sua biossíntese: a via dependentes de triptofano, e a via independentes de triptofano (Millan *et al.*, 2020).

Dentre as espécies estudadas, podemos citar a *Tausonia pullulans*, *Candida saitoana*, *Saccharomyces eubayanus* (Mestre *et al.*, 2024), *Candida Tropicalis* (Amprayn *et al.*, 2012), *Candida valida* (Mestre *et al.*, 2021), *Candida pseudointermedia*, *Trichosporon asahii*, (Bispo *et al.*, 2023), *Lanchancea nothofagi* (Karimi *et al.*, 2025), *Hannaella sinensis*, *Cryptococcus flavus* (Nutaratat *et al.*, 2014), *Rhodotorula glutinis* (Botha, 2011), *Saccharomyces cerevisiae* (Fu *et al.*, 2016), *Papilotrema laurentii* (Leguina *et al.*, 2019), *Wikerhamomyces anomalus* (Ruspi *et al.*, 2024), *Papilotrema terrestris*, *Debaryomyces udonii* (Ruspi *et al.*, 2024), *Aureobasidium pullulans* e *Rhodotorula mucilaginosa* (Ignatova *et al.*, 2015) como as que possuem mecanismos eficientes para a produção de AIA em altas concentrações, em especial, na presença de triptofano.

De forma geral, estes estudos mostram uma relação direta entre a produção de AIA por estas leveduras (Targino *et al.*, 2022), e um incremento no desenvolvimento das plantas inoculadas (Fu *et al.*, 2016; Gollner *et al.*, 2006;), principalmente com resultado de maior crescimento radicular, melhor desenvolvimento de frutos, maior incremento de biomassa seca da raiz e parte aérea das plantas (Amprayn *et al.*, 2012; Bispo *et al.*, 2023; Sarabia *et al.*, 2018^a).

A produção de AIA pode variar bastante dependendo de qual espécie de levedura está sendo analisada e das condições impostas para a síntese desta biomolécula (Ruspi *et al.*,

2024). O gênero *Candida* é um dos mais recorrentes na literatura mundial, com destaque para as espécies *Candida saitoana* (Mestre *et al.*, 2024; Mestre *et al.*, 2021), *Candida tropicalis* (Amprayn *et al.*, 2012), *Candida valida* (Yurkov *et al.*, 2012), *Candida pseudointermedia* (Bispo *et al.*, 2023), ao falar sobre produção de ácido indolacético aplicado ao crescimento vegetal de culturas como arroz (*Oryza sativa*) (Amprayn *et al.*, 2012), milho (*Zea mays*) (Bispo *et al.*, 2023; Gollner *et al.*, 2006) e feijão-mungo (*Vigna radiata*) (Silambarasan *et al.*, 2017), o que mostra a eficácia deste microrganismo para uso na agricultura.

4.3.2. Solubilização de minerais

A solubilização de minerais por microrganismos é um mecanismo importante ao considerarmos o emprego de biológicos para uso na agricultura (Nakayan *et al.*, 2013). As plantas necessitam de minerais como zinco, ferro, cálcio, fósforo que, muitas vezes, não estão disponíveis a elas por estarem associados a compostos inorgânicos mais complexos (Bedolla-Torres *et al.*, 2015). Botha (2011) e Hernández-Fernández e colaboradores (2021) observaram em seus trabalhos que algumas cepas de leveduras são capazes de solubilizar minerais como o fosfato de cálcio, através da secreção de substâncias como ácidos orgânicos e pela liberação de prótons H^+ , o que torna mais fácil o acesso das plantas a estes nutrientes.

A maioria dos trabalhos analisados mostra a solubilização de cálcio, fósforo e zinco, estando estes minerais presentes no solo em formas inorgânicas (Medina *et al.*, 2004; Sarabia *et al.*, 2017). Na literatura é possível encontrar trabalhos que identificaram espécies de leveduras como *Candida tropicalis*, *Meyerozyma guilliermondii* (Millan *et al.*, 2020), *Lachancea nothofagi*, *Saccharomyces eubayanus* (Mestre *et al.*, 2021; Mestre *et al.*, 2024), *Candida railenensis* (Sarabia *et al.*, 2017), *Clavispora lusitaniae*, *Symmetrospora coprosmae* (Silambarasan *et al.*, 2017), *Papilotrema laurentii* (Heever *et al.*, 2025), *Hanseniaspora*

uvarum, *Yarrowia lipolytica* e *Torulaspora globosa* (Nutaratat *et al.*, 2014) como capazes de solubilizar esses minerais inorgânicos.

4.3.3. Produção de sideróforos

Os sideróforos são compostos produzidos e excretados por microrganismos, incluindo leveduras, e tem ação como agente quelante do íon ferro (Fe^{3+}) (Fu *et al.*, 2016). As plantas associadas a estas leveduras produtoras de sideróforos tendem a se beneficiar, uma vez que elas também incorporam este íon férrico absorvido (Targino *et al.*, 2022). Karimi e colaboradores (2025) e Nutaratat *et al.* (2014) mostram que esta ação dos sideróforos pode proporcionar indiretamente outros benefícios às plantas, como no controle de microrganismos patogênico, pois ao quelar o íon ferro, a levedura indisponibiliza aquele nutriente no ambiente, desfavorecendo sua absorção pelo patógeno, o que pode levar ao seu controle. Ainda, El-Maraghy e colaboradores (2020) observaram que a ação dos sideróforos pode mediar a tolerância das plantas a metais considerados tóxicos no ambiente. Seus estudos mostraram que a presença de cádmio (Cd), cobre (Cu) e níquel (Ni) no solo, proporcionou um incremento na produção dos sideróforos pelos microrganismos, o que auxiliou no controle da absorção destes metais pelas plantas.

Alguns trabalhos analisados destacam o ácido rodoturúlico como um dos principais tipos de sideróforos produzidos por leveduras (Millan *et al.*, 2020), todavia estes trabalhos não discorrem com profundidade em relação ao processo de ação dos sideróforos, mas sim, se as leveduras produzem ou não estes compostos (Bedolla-Torres *et al.*, 2015; Nutaratat *et al.*, 2014).

Dentre os trabalhos que avaliam a produção de sideróforos por leveduras, podemos observar que, dentre as espécies estudadas há destaque para *Pseudozyma aphidis* (Fu *et al.*, 2016), *Rhodotorula sp.*, *Metschnikowia pulcherrima* (Millan *et al.*, 2020), *Meyerozyma sp.*

(Targino *et al.*, 2022), *Yarrowia lipolytica* (Karimi *et al.*, 2025), *Rhodotorula glutinis*, *Rhodospiridium paludigenum*, *Pseudozyma rugulosa*, *Hannaella sinensis*, *Rhodotorula taiwanensis*, *Pseudozyma antarctica* (Nutaratat *et al.*, 2014).

4.3.4. Outros mecanismos

Além dos mecanismos citados anteriormente, os microrganismos promotores de crescimento vegetal podem proporcionar outros benefícios às plantas (Fracchia *et al.*, 2003). As leveduras podem realizar interações com outros microrganismos presentes no ambiente (Botha, 2011), como mostram estudos que testaram a eficácia da interação de leveduras com Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) (Sarabia *et al.*, 2018^a), capazes de promover o desenvolvimento das plantas, além de um incremento na biomassa vegetal e melhora na absorção de nutrientes como o fósforo (Gollner *et al.*, 2006). Boby *et al.* (2008) destacaram a relação positiva da inoculação da levedura *Rhodotorula mucilaginosa* com fungo micorrízico *Glomus mosseae* em culturas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), em que a inoculação conjunta dos microrganismos proporcionou maior valores de biomassa, e um aumento indireto na absorção de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio, além de um maior teor de clorofila e compostos fenólicos.

Outro mecanismo explorado pela literatura é a produção enzimática das leveduras, seu benefício às plantas e possíveis potenciais biotecnológicos (Targino *et al.*, 2022). Trabalhos descrevem a produção de ACC deaminase (El-Maraghy, *et al.*, 2020), responsável pelo controle do nível de etileno na planta, e de poliaminas (Fu *et al.*, 2016), que auxiliam no desenvolvimento vegetal (Amprayn *et al.*, 2012; Heever *et al.*, 2025). Ainda, há trabalhos que descrevem a levedura *Papiliotrema laurentii* como tolerante ao cobre, dando a ela destaque para possíveis aplicações como bioinsumo em áreas contaminadas com o metal (Leguina *et al.*, 2021), além de associá-la também a processos de amonificação (Leguina *et al.*, 2019).

Cepas do gênero *Candida* também são citados por Silambarasan *et al.* (2017) como leveduras com potencial para biodegradação de certos compostos poluentes, como no caso da 4-nitroanilina, em que o microrganismo é capaz de degradá-la a compostos menos tóxicos ao ambiente. Por fim, Silambarasan *et al.* (2019), ao estudar cepas de *Rhodotorula sp.* descreveu a capacidade da levedura na produção de exopolissacarídeos (EPS), indicando que a cepa tem grande potencial para a produção de biofilme na rizosfera do vegetal, o que permite o auxílio à planta contra estresses do ambiente, na nutrição do solo e também no desenvolvimento vegetal.

4.4. Controle biológico

Os trabalhos analisados mostraram também a eficácia de algumas cepas de leveduras na ação contra fungos fitopatogênicos. As leveduras *Aureobasidium pullulans* e *Rhodotorula mucilaginosa* tiveram uma resposta satisfatória, controlando os fungos *Phytophthora infestans* e *Fusarium graminearum* (Ignatova *et al.*, 2015). Em outro estudo, as leveduras *Barnettozyma californica* e *Galactomyces candidum* tiveram ação antifúngica contra *Glomerella cingulata* (Fu *et al.*, 2016). Ainda, Bispo *et al.* (2023) destacam a ação das leveduras *Torulasporea globosa*, *Candida pseudointermedia*, *Trichosporon asahii* e *Cryptococcus sp.* contra *F. verticillioides* e *Geotrichum candidum*.

Além disso, os trabalhos trazem alguns mecanismos usados pelas leveduras no controle dos fitopatógenos. El-Tarabily *et al.* (2006) descrevem a ação do ácido heptadecenoico e do ácido 6-metil-9-heptadecenoico como moléculas com capacidades antimicrobianas, sendo capazes de controlar fungos fitopatogênicos. Ainda, Fu e colaboradores (2016) e Martínez-Arias *et al.* (2021) descreveram a ação de polímeros como a carboximetilcelulose (CMC) que auxilia no antagonismo contra patógenos, também a ação de

enzimas como quitinases e proteases que degradam a parede celular de fungos fitopatogênicos, além da produção de sideróforos, entre outros.

5. Métodos de aplicação das leveduras em plantas

As metodologias utilizadas para aplicação de leveduras em teste de germinação e de desenvolvimento vegetal variaram bastante, dependendo dos objetivos propostos. Os artigos apontam duas formas de inoculação mais recorrentes em trabalhos com testes *in vivo*, sendo a primeira a inoculação das leveduras diretamente no solo onde as culturas serão plantadas (Gollner *et al.*, 2006; Heever *et al.*, 2025; Nafady *et al.*, 2019), e a segunda forma o tratamento das sementes com o inóculo contendo as células de levedura, e posteriormente o plantio destas sementes no substrato (Amprayn *et al.*, 2012; Srinivasan *et al.*, 2022).

Boby *et al.* (2008), Sarabia *et al.* (2018^a) e Sarabia *et al.* (2017) descreveram que as plantas que foram inoculadas diretamente no solo com as leveduras, apresentaram um aumento no tamanho das culturas, no número de folhas e incremento na biomassa total e no peso seco. Além disso, Fu *et al.* (2016) também aponta uma melhora no crescimento radicular e no enraizamento das plantas. No tratamento das sementes com as células de leveduras, Bispo *et al.* (2023), Heever *et al.* (2025) e Hussein *et al.* (2022) descreveram que as culturas apresentaram boas taxas de germinação, mediada pela produção de substâncias como a espermidina, desenvolvimento inicial satisfatório, com bom crescimento radicular e desenvolvimento de estruturas como o coleóptilo.

Além dos métodos descritos anteriormente, Salam *et al.* (2017) propuseram uma metodologia diferente, a imobilização das células de levedura em bagaço de cana, e posteriormente sua inoculação no substrato, atuando como suporte lignocelulósico e bioestimulante diretamente no solo com as plantas, o que gerou bons resultados no desenvolvimento inicial das plântulas, em especial em uma maior produção de AIA.

Millan *et al.* (2020) realizaram testes *in vitro* de co-cultura entre algumas cepas de leveduras e o tabaco (*Nicotiana Benthamiana*). Para estes ensaios, foram utilizadas placas de petri contendo o meio de cultura Murashige e Skoog (MS), próprio para o cultivo de tecidos vegetais. As leveduras foram inoculadas na parte inferior da placa, e as sementes colocadas na parte superior, próximo ao meio da placa. Após 21 dias de incubação, a maioria das plantas inoculadas junto às leveduras apresentaram bom desenvolvimento inicial, com crescimento satisfatório da parte aérea, das folhas, bom desenvolvimento das raízes com grande presença de tricomas, quando em comparação com o controle. Os autores destacam a ação das leveduras *Rhodotorula dairenensis*, *Hanseniaspora uvarum*, *Pichia fermentans* e *Issatchenkia terricola* na promoção de crescimento vegetal.

Por fim, a inoculação conjunta de leveduras, entre cepas, espécies diferentes, e/ou outros microrganismos também mostrou-se favorável a melhores resultados no desenvolvimento vegetal, como na inoculação entre as leveduras *Candida sake*, *Cryptococcus aerius* e *Rhodotorula mucilaginosa* (Boby *et al.*, 2008; Gollner *et al.*, 2006) e o Fungo Micorrízico Arbuscular (FMA) *Glomus mosseae* (Sarabia *et al.*, 2018^b), além de favorecer a colonização da região rizosférica pelas leveduras (Tapia-Vázquez *et al.*, 2020).

6. Conclusão

Os estudos analisados evidenciam o potencial das leveduras como um grupo microbiano capaz de promover crescimento vegetal, destacando sua versatilidade ecológica, ampla distribuição em diferentes tipos de solo e a grande variedade de mecanismos benéficos envolvidos nesta função. A capacidade dessas leveduras de produzir fitormônios e solubilizar minerais coloca esses organismos como alternativas promissoras para uso agrícola. Os diferentes trabalhos demonstram que o uso de leveduras proporciona incrementos significativos na biomassa vegetal, na germinação, no desenvolvimento radicular e na

absorção de nutrientes pelas plantas, reforçando sua aplicabilidade como bioinsumos na agricultura. Embora ainda existam lacunas no conhecimento, a literatura evidencia que as leveduras representam uma alternativa sustentável e eficaz para auxiliar no desenvolvimento de culturas agrícolas, contribuindo para práticas mais eficientes e ambientalmente responsáveis, sobretudo no Brasil. Estas evidências reforçam a importância de aprofundar pesquisas sobre sua aplicação, consolidando as leveduras como ferramentas-chave para a agricultura brasileira.

7. Referências bibliográficas

AKAN, Madina; MICHLING, Florian; MATTI, Katrin; KRAUSE, Sinje; MUNO-BENDER, Judith; WENDLAND, Jürgen. Snails as Taxis for a Large Yeast Biodiversity. **Fermentation**, v. 6, n. 3, p. 90, 18 set. 2020.

<http://dx.doi.org/10.3390/fermentation6030090>.

AMPRAYN, Khanok-on; ROSE, Michael T.; KECSKÉS, Mihály; PEREG, Lily; NGUYEN, Hien Thanh; KENNEDY, Ivan R. *Plant growth promoting characteristics of soil yeast (Candida tropicalis HY) and its effectiveness for promoting rice growth*. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 61, p. 295–299, 2012.

BEDOLLA-TORRES, Martha H.; ESPINOSA, Alejandro Palacios; PALACIOS, Oskar A.; CHOIX, Francisco J.; VALLE, Felipe de Jesús Ascencio; AGUILAR, David R. López; VILLAVICENCIO, José Luis Espinoza; LAPEÑA, Rafael de Luna de; TRUJILLO, Ariel Guillen; SERRANO, Narciso Y. Avila. La irrigación con levaduras incrementa el contenido nutricional del forraje verde hidropónico de maíz. **Revista Argentina de Microbiología**, v. 47, n. 3, p. 236-244, jul. 2015.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ram.2015.04.002>.

BISPO, Rafaela Leticia Brito; CECCATO-ANTONINI, Sandra Regina; TOSTA, Christiann Davis; FONTANETTI, Anastácia; PRADO, Victoria Sebastiani; TAKITA, Marco Aurélio; ROSA-MAGRI, Márcia Maria. *Sugarcane molasses as substrate to soil yeasts: Indole-3-acetic acid production and maize initial growth promotion*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 47, p. 102618, 2023.

BRASIL. Flávio Henrique Vasconcelos de Medeiros. Universidade Federal de Lavras. **Biocontrole de doenças: conceituação e contextualização**. Departamento de Fitopatologia: Escola de Ciências Agrárias de Lavras - ESAL. Disponível em: <https://dfp.ufla.br/laboratorios-dfp/laboratorio-de-controle-biologico>

Acesso em: 07 nov. 2025.

BOBY, V. U.; BALAKRISHNA, A. N.; BAGYARAJ, D. J. Interaction between *Glomus mosseae* and soil yeasts on growth and nutrition of cowpea. **Microbiological Research**, v. 163, p. 693–700, 2008.

BOTHA, Alfred. The importance and ecology of yeasts in soil. **Soil Biology And Biochemistry**, v. 43, n. 1, p. 1-8, jan. 2011.

CONG, Phan Thi; DUNG, Tran Dang; HIEN, Tran Minh; HIEN, Nguyen Thanh; CHOUDHURY, Abu T.M.A.; KECSKÉS, Mihály L.; KENNEDY, Ivan R.. Inoculant plant growth-promoting microorganisms enhance utilisation of urea-N and grain yield of paddy rice in southern Vietnam. **European Journal Of Soil Biology**, v. 45, n. 1, p. 52-61, jan. 2009.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.06.006>.

CHEN, Rou-Yun; JIANG, Wei; FU, Shih-Feng; CHOU, Jui-Yu. Screening, evaluation, and selection of yeasts with high ammonia production ability under nitrogen free condition from the cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) rhizosphere as a potential bio-fertilizer. **Rhizosphere**, v. 23, set. 2022.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100580>.

DEVI, R. Parimala; YAMUNASRI, P.; BALACHANDAR, D.; MURUGANANTHI, D.. Potentials of Soil Yeasts for Plant Growth and Soil Health in Agriculture: a review. **Journal Of Pure And Applied Microbiology**, v. 19, n. 1, p. 1-18, 4 fev. 2025. Journal of Pure and Applied Microbiology.

<http://dx.doi.org/10.22207/jpam.19.1.10>.

EL-MARAGHY, Saad S.; TOHAMY, Tohamy Anwar; HUSSEIN, Khalid Abdallah. Expression of SidD gene and physiological characterization of the rhizosphere plant growth-promoting yeasts. **Heliyon**, v. 6, n. 7, jul. 2020.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04384>.

EL-TARABILY, Khaled A.; SIVASITHAMPARAM, Krishnapillai. Potential of yeasts as biocontrol agents of soil-borne fungal plant pathogens and as plant growth promoters. **Mycoscience**, v. 47, n. 1, p. 25-35, fev. 2006.

<http://dx.doi.org/10.1007/s10267-005-0268-2>.

FRACCHIA, S.; GODEAS, A.; SCERVINO, J. M.; SAMPEDRO, I.; OCAMPO, J. A.; GARCÍA-ROMERA, I. Interaction between the soil yeast *Rhodotorula mucilaginosa* and the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus mosseae* and *Gigaspora rosea*. **Soil Biology &**

Biochemistry, v. 35, p. 701–707, 2003.

FREIMOSER, Florian M.; RUEDA-MEJIA, Maria Paula; TILOCCA, Bruno; MIGHELI, Quirico. Biocontrol yeasts: mechanisms and applications. **World Journal Of Microbiology And Biotechnology**, v. 35, n. 10, out 2019.

FU, Shih-Feng; SUN, Pei-Feng; LU, Hsueh-Yu; WEI, Jyuan-Yu; XIAO, Hong-Su; FANG, Wei-Ta; CHENG, Bai-You; CHOU, Jui-Yu. *Plant growth-promoting traits of yeasts isolated from the phyllosphere and rhizosphere of Drosera spatulata Lab.* **Fungal Biology**, v. 120, p. 433–448, 2016.

GLUSHAKOVA, Anna M. et al. **Changes in urban soil yeast communities after a reduction in household waste during the COVID-19 pandemic.** *Pedobiologia – Journal of Soil Ecology*, v. 93-94, p. 150822, 2022.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2022.150822>

GOLLNER, M. J.; PÜSCHEL, D.; RYDLOVÁ, J.; VOSÁTKA, M. Effect of inoculation with soil yeasts on mycorrhizal symbiosis of maize. **Pedobiologia**, v. 50, p. 341–345, 2006.

HAGMAN, A.; PIŠKUR, J. A study on the fundamental mechanism and the evolutionary history of yeast sugar metabolism. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 10, n. 3, e0116942, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116942>.

HEEVER, Christiaan F. van Den; MOLLER, Leandra; KOROLEVA, Elizaveta; VALENTINE, Alexander J.; HESS, Lezaan; BOTES, Willem; BOTHA, Alfred. Evidence that the soil yeast *Papiliotrema laurentii* affects germination, vigour and grain nutrient content of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Field Crops Research**, v. 328, p. 109913, jun. 2025. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2025.109913>.

HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, María; CORDERO-BUESO, Gustavo; RUIZ-MUÑOZ, Marina; CANTORAL, Jesús M.. Culturable yeasts as biofertilizers and biopesticides for sustainable agriculture: a comprehensive review. **Plants**, v. 10, n. 5, p. 822, 21 abr. 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/plants10050822>.

HUSSEIN, Khalid Abdallah; TOHAMY, Tohamy Anwar; EL-MARAGHY, Saad Shehata. Amino-cyclopropane-1-carboxylate deaminase (ACCD) producing yeasts improved salinity tolerance of *Triticum aestivum* L. **Rhizosphere**, v. 23, p. 100548, set. 2022.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100548>

IGNATOVA, Lyudmila V.; BRAZHNIKOVA, Yelena V.; BERZHANOVA, Kamza Z.; MUKASHEVA, Togzhan D. *Plant growth-promoting and antifungal activity of yeasts from dark chestnut soil*. **Microbiological Research**, v. 175, p. 78–83, 2015.

Kowalska, J.; Krzysińska, J.; Tyburski, J. Yeasts as a Potential Biological Agent in Plant Disease Protection and Yield Improvement—A Short Review. **Agriculture** 2022, 12, 1404.

KARIMI, Faranak; SABA, Mahmoud Koushesh; ASHENGROPH, Morahem. *Yarrowia lipolytica* MBC25: a promising yeast strain for biocontrol of botrytis cinerea in preharvest and postharvest decay of strawberries. **Physiological And Molecular Plant Pathology**, v. 136, p. 102525, mar. 2025.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102525>.

KAUR, Jasvinder; TIWARI, Nikita; ASIF, Mehar Hasan; DHARMESH, Varsha; NASEEM, Mariya; SRIVASTAVA, Pankaj Kumar; SRIVASTAVA, Suchi. Integrated genome-transcriptome analysis unveiled the mechanism of *Debaryomyces hansenii*-mediated arsenic stress amelioration in rice. **Journal Of Hazardous Materials**, v. 469, p. 133954, maio 2024.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.133954>.

LEGUINA, Ana Carolina del V.; BARRIOS, Andrea C.; ROSALES SOROA, María del M.; LACOSEGLIAZ, Mariano J.; PAJOT, Hipólito F.; CASTELLANOS DE FIGUEROA, Lucía I.; NIETO-PEÑALVER, Carlos G. **Copper alters the physiology of tomato rhizospheric isolates of *Papiliotrema laurentii***. *Scientia Horticulturae*, v. 243, p. 376–384, 2019.

LEGUINA, Ana Carolina del Valle; FERNÁNDEZ, Pablo Marcelo; CASTELLANOS DE FIGUEROA, Lucía I.; NIETO-PEÑALVER, Carlos Gabriel. **Quorum quenching in copper-tolerant *Papiliotrema laurentii* strains**. *Rhizosphere*, v. 17, p. 100298, 2021.

MARTÍNEZ-ARIAS, C.; SOBRINO-PLATA, J.; ORMEÑO-MONCALVILLO, S.; GIL, L.; RODRÍGUEZ-CALCERRADA, J.; MARTÍN, J. A. Endophyte inoculation enhances *Ulmus minor* resistance to Dutch elm disease. *Fungal Ecology*, v. 50, p. 101024, 2021.

MEDINA,.; VASSILEVA, M; CARAVACA, F; A ROLDÁN,.; AZCÓN, R. Improvement of soil characteristics and growth of *Dorycnium pentaphyllum* by amendment with agrowastes and inoculation with AM fungi and/or the yeast *Yarrowia lipolytica*. **Chemosphere**, v. 56, n. 5, p. 449-456, ago. 2004.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.04.003>.

MESTRE, María Cecilia; LANGENHEIM, Mariana E.; SEVERINO, María Elena; FONTENLA, Sonia. *Do psychrotolerant Patagonian soil yeasts produce 3-indole acetic acid?* **Revista Argentina de Microbiología**, v. 56, p. 1–4, 2024.

MESTRE, María Cecilia; SEVERINO, María Elena; FONTENLA, Sonia. *Evaluation and selection of culture media for the detection of auxin-like compounds and phosphate solubilization on soil yeasts*. *Revista Argentina de Microbiología*, v. 53, n. 2, p. 78–83, 2021.

MILLAN, A. Fernandez-San; FARRAN, I.; LARRAYA, L.; ANCIN, M.; ARREGUI, L.M.; VERAMENDI, J.. Plant growth-promoting traits of yeasts isolated from Spanish vineyards: benefits for seedling development. **Microbiological Research**, v. 237, p. 126480, ago. 2020.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2020.126480>.

NAKAYAN, Phanit; HAMEED, Asif; SINGH, Satnam; YOUNG, Li-Sen; HUNG, Mei-Hua; YOUNG, Chiu-Chung. Phosphate-solubilizing soil yeast *Meyerozyma guilliermondii* CC1 improves maize (*Zea mays* L.) productivity and minimizes requisite chemical fertilization.

Plant And Soil, v. 373, n. 1-2, p. 301-315, 15 jun. 2013.

<http://dx.doi.org/10.1007/s11104-013-1792-z>.

NAFADY, Nivien A.; HASHEM, Mohamed; HASSAN, Elhagag A.; AHMED, Hoda A.M.; ALAMRI, Saad A.. The combined effect of arbuscular mycorrhizae and plant-growth-promoting yeast improves sunflower defense against *Macrophomina phaseolina* diseases. **Biological Control**, v. 138, p. 104049, nov. 2019.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104049>.

NIMSI, K. A.; ARYA, H.; MANJUSHA, K.; KATHIRESAN, K.. Multifarious plant growth-promoting traits of mangrove yeasts: growth enhancement in mangrove seedlings (*Rhizophora mucronata*) for conservation. **Archives Of Microbiology**, v. 206, n. 4, p. 0-0, 24 mar. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00203-024-03913-9>.

NIMSI, K. A.; MANJUSHA, K.; KATHIRESAN, K.; ARYA, H. *Plant growth-promoting yeasts (PGPY), the latest entrant for use in sustainable agriculture: a review. Journal of Applied Microbiology*, v. 134, n. 2, feb. 2023. <http://dx.doi.org/10.1093/jambio/lxac088>.

NUTARATAT, Pumin; SRISUK, Nantana; ARUNRATTIYAKORN, Panarat; LIMTONG, Savitree. Plant growth-promoting traits of epiphytic and endophytic yeasts isolated from rice and sugar cane leaves in Thailand. **Fungal Biology**, v. 118, n. 8, p. 683-694, ago. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.funbio.2014.04.010>.

ONO, Elizabeth Orika; GRANA JÚNIOR, José Francisco; RODRIGUES, João Domingos. Reguladores vegetais na quebra da dominância apical de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 348-350, ago. 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-29452004000200040>.

RADIĆ, Danka; KARLIČIĆ, Vera; ĐORĐEVIĆ, Jelena; JOVIČIĆ-PETROVIĆ, Jelena; KLJUJEV, Igor; LALEVIĆ, Blažo; RAIČEVIĆ, Vera. Soil yeasts promoting plant growth: benefits for the development of common wheat and white mustard. **Zemdirbyste-Agriculture**, v. 109, n. 1, p. 27-34, 30 mar. 2022. <http://dx.doi.org/10.13080/z-a.2022.109.004>.

RUSPI, Chiara; PIERANTONI, Debora Casagrande; CONTI, Angela; SCARPONI, Roberto; CORTE, Laura; CARDINALI, Gianluigi. Plant Growth-Promoting Yeasts (PGPYs) as a sustainable solution to mitigate salt-induced stress on zucchini plant growth. **Biology And Fertility Of Soils**, v. 61, n. 2, p. 293-309, 11 dez. 2024. Springer Science and Business Media LLC.

SALAM, Jaseetha Abdul; HATHA, Mohammed A.A.; DAS, Nilanjana. Microbial-enhanced lindane removal by sugarcane (*Saccharum officinarum*) in doped soil-applications in phytoremediation and bioaugmentation. **Journal Of Environmental Management**, v. 193, p. 394-399, maio 2017.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.02.006>.

SARABIA, Marcela; CAZARES, Saila; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Antonio; MORA, Francisco; CARREÓN-ABUD, Yazmín; LARSEN, John. Plant growth promotion traits of rhizosphere yeasts and their response to soil characteristics and crop cycle in maize agroecosystems. **Rhizosphere**, v. 6, p. 67-73, jun. 2018^a.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rhisph.2018.04.002>.

SARABIA, Marcela; JAKOBSEN, Iver; GRØNLUND, Mette; CARREON-ABUD, Yazmin; LARSEN, John. **Rhizosphere yeasts improve P uptake of a maize arbuscular mycorrhizal association**. *Applied Soil Ecology*, v. 125, p. 18–25, 2018^b.

SARABIA, Marcela; CORNEJO, Pablo; AZCÓN, Rosario; CARREÓN-ABUD, Yazmín; LARSEN, John. Mineral phosphorus fertilization modulates interactions between maize, rhizosphere yeasts and arbuscular mycorrhizal fungi. **Rhizosphere**, v. 4, p. 89-93, dez. 2017.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.09.001>.

SAMARASINGHE, Himeshi; LU, Yi; ALJOHANI, Renad; AL-AMAD, Ahmad; YOELL, Heather; XU, Jianping. **Global patterns in culturable soil yeast diversity**. *iScience*, v. 24, n. 103098, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.103098>

SILAMBARASAN, S.; VANGNAI, A. S. *Plant-growth promoting Candida sp. AVGB4 with capability of 4-nitroaniline biodegradation under drought stress*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 139, p. 472–480, 2017.

SILAMBARASAN, Sivagnanam; LOGESWARI, Peter; CORNEJO, Pablo; KANNAN, Velu Rajesh. Evaluation of the production of exopolysaccharide by plant growth promoting yeast *Rhodotorula sp.* strain CAH2 under abiotic stress conditions. **International Journal Of Biological Macromolecules**, v. 121, p. 55-62, jan. 2019.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.016>.

SRINIVASAN, R.; KRISHNAN, S. Radhesh; RAGUNATH, K. Sengali; PONNI, K. Keerthana; BALAJI, G.; PRABHAKARAN, N.; CHELLIAPPAN, Brindha; NARAYANAN, R. Lakshmi; GRACY, M.; LATHA, K.. Prospects of utilizing a multifarious yeast (MSD1), isolated from South Indian coast as an Agricultural input. **Biocatalysis And Agricultural Biotechnology**, v. 39, p. 102232, jan. 2022.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102232>.

TAPIA-VÁZQUEZ, Irán; SÁNCHEZ-CRUZ, Ricardo; ARROYO-DOMÍNGUEZ, Marisol; LIRA-RUAN, Verónica; SÁNCHEZ-REYES, Ayixón; SÁNCHEZ-CARBENTE, María del Rayo; PADILLA-CHACÓN, Daniel; BATISTA-GARCÍA, Ramón Alberto; FOLCH-MALLOL, Jorge Luis. Isolation and characterization of psychrophilic and psychrotolerant plant-growth promoting microorganisms from a high-altitude volcano crater in Mexico. **Microbiological Research**, v. 232, p. 126394, fev. 2020.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2019.126394>.

TARGINO, Herbert Mouse de Lima; SILVA, Viviane Siqueira Lima; ESCOBAR, Indra Elena Costa; RIBEIRO, Paula Rose de Almeida; GAVA, Carlos Alberto Tuão; FERNANDES-JÖNIOR, Paulo Ivan. Maize-associated *Meyerozyma* from the Brazilian semiarid region are effective plant growth-promoting yeasts. **Rhizosphere**, v. 22, p. 100538, jun. 2022.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100538>.

VILLERS, Jennifer; SAVOCCO, Jérôme; SZOPINSKA, Aleksandra; DEGAND, Hervé; NOOTENS, Sylvain; MORSOMME, Pierre. Study of the Plasma Membrane Proteome Dynamics Reveals Novel Targets of the Nitrogen Regulation in Yeast. **Molecular & Cellular Proteomics**, v. 16, n. 9, p. 1652-1668, set. 2017.

<http://dx.doi.org/10.1074/mcp.m116.064923>.

YURKOV, A. M.; KEMLER, M.; BEGEROW, D. **Assessment of yeast diversity in soils under different management regimes**. *Fungal Ecology*, v. 5, n. 1, p. 24–35, 2012.

ZHANG, Y. et al. Rewiring regulation on respiro-fermentative metabolism relieved Crabtree effects in *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbial Cell Factories*, Londres, v. 21, n. 1, p. 1–15, 2022.

<https://doi.org/10.1186/s12934-022-01841-3>.