
Soluções tecnológicas emergentes para uma agricultura sustentável: microrganismos eficientes

Denise Cargnelutti, Ezequiel Bampi, Gabriela de Melo Santiago, Vilson Conrado da Luz, Egabriel Garbin, Alfredo Castamann, Altemir José Mossi

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-991393-9-0.c2>

Resumo

Diferentes correntes da agricultura de base ecológica, têm buscado formas alternativas para produzir alimentos com respeito ao ambiente e a sociedade, a exemplo dos sistemas Agroecológicos e orgânicos. A produção agroecológica experimenta um aumento, uma vez que os sistemas agrícolas convencionais apresentam maior dependência dos insumos de síntese industrial, que causam a intoxicação dos agricultores, a contaminação dos alimentos por agrotóxicos e muitos impactos ao ambiente. Os sistemas agroecológicos praticam a produção agrícola com mínimo impacto sobre o ecossistema natural, desenvolvem-se com o aproveitamento dos recursos naturais disponíveis localmente, bem como não fazem o uso dos fertilizantes minerais e agrotóxicos. As correntes da agricultura que focam na dinâmica dos agroecossistemas, consideram a sua complexidade, consideram o aspecto social, potencializam os sistemas produtivos baseados na biodiversidade como estratégia de mitigação de problemas corriqueiros como a ocorrência de pragas e doenças. Com isso, tem-se a produção de alimentos livres de xenobióticos, com economia de energia e de redução de custos de produção, por reduzir a entrada de insumos externos à propriedade e por promover a revitalização da agricultura e do ambiente nas áreas rurais. Porém, tais sistemas exigem um e eficiente manejo da cobertura vegetal e a ciclagem de nutrientes. Neste contexto, os Microrganismos Eficientes (EM) podem ser considerados uma ferramenta indispensável para potencializar a ciclagem de nutrientes dentro da propriedade bem como favorecer os processos naturais daquele ecossistema. De outra forma, a literatura consultada indica haver resultados controversos sobre a eficácia do emprego dos microrganismos eficientes, pois ora foram constatados efeitos benéficos, ora estes não evidenciam efeitos positivos. Este trabalho objetivou reunir informações a respeito dos estudos sobre a caracterização, ferramentas utilizadas na avaliação do potencial tecnológico, bem como a respeito das aplicações dos Microrganismos Eficientes na agricultura, com vistas ao desenvolvimento de uma agricultura sustentável.

Palavras-chave: agroecologia, crescimento de plantas, fisiologia, microrganismos eficientes, sustentabilidade.

1. Introdução

De acordo com a ecologia sistêmica, todos os membros de uma comunidade estão interconectados por uma imensa e complexa rede de relações ou “teia da vida” [1]. Nela, a interdependência é base de todas as relações ecológicas [2]. Conseqüentemente, a sobrevivência de um membro é influenciada por outros e a parceria é uma característica essencial das comunidades sustentáveis que são formadas em base cíclica, onde cada micro ou macro indivíduo, contribui para o funcionamento do todo [3, 4].

Os sistemas produtivos atuais exigem uma ênfase emergente em processos menos agressivos ao ambiente, agricultores e demais seres humanos [5]. As correntes da agricultura de base ecológica, têm buscado formas alternativas de produzir alimentos respeitando ao ambiente e a sociedade, a exemplo dos sistemas Agroecológicos e Orgânicos [6]. São sistemas onde se pratica a produção agrícola respeitando ao ecossistema natural evitando o uso de fertilizantes de síntese química e outros produtos sintéticos. Como resultado os produtos alimentares obtidos são livres de substâncias tóxicas, tem menos consumo energético, e menor custo de produção por reduzir a entrada de insumos externos à propriedade, fazer o melhor uso dos recursos e revitalizar a agricultura nas áreas rurais. Tais correntes que focam na dinâmica dos agroecossistemas, consideram a sua complexidade, buscam trabalhar o aspecto social, potencializam os sistemas produtivos baseados na alta biodiversidade como estratégia de mitigação dos problemas corriqueiros como pragas e doenças [7].

A biodiversidade compreende o macro e o microbiológico em uma diversidade de agentes biológicos que influenciam e contribuem para o equilíbrio dos agroecossistemas os quais englobam aspectos conservacionistas, políticos e econômicos [8]. Porém, tais sistemas exigem um eficiente manejo da cobertura vegetal e ciclagem de nutrientes [6]. Nesse contexto, os Microrganismos Eficientes presentes no solo naturalmente são agentes que beneficiam as plantas e o solo melhorando sua qualidade estrutural e a saúde das plantas, podem ser uma ferramenta indispensável para potencializar a ciclagem de nutrientes dentro da propriedade bem como favorecer os processos naturais daquele ecossistema. Porém, de acordo com dados da literatura [9-12], parece que estes microrganismos, ora apresentam

efeitos benéficos ora não apresentam efeitos aparentes. Desta forma, este trabalho objetivou reunir informações a respeito da caracterização, ferramentas utilizadas para a avaliação do potencial tecnológico, bem como as aplicações do Microrganismos Eficientes na agricultura, com ênfase em uma agricultura sustentável, uma vez que estes têm sido utilizados para diversos manejos da agricultura como compostagem, melhoria nutricional de plantas, aumento de rendimento, entre outras utilidades [9,10].

2. Microrganismos Eficientes (ME): aspectos gerais

Os microrganismos estão presentes no dia-a-dia nas mais diversas formas e são muito explorados pela indústria alimentícia, farmacêutica, biotecnológica, dentre outras, devido a gama de espécies e tipos existentes de microrganismos capazes de realizar inúmeras funções. Com base na importância dos microrganismos para o solo e sua participação no ecossistema como um todo, Teruo Higa desenvolveu, em 1991, no Japão, um inoculante de microrganismos benéficos, cuja utilização trouxe retornos positivos [9]. Os microrganismos benéficos compreendem uma infinidade de cepas de microrganismos que apresentam fins de uso antrópico ou melhoram parâmetros de solo e de água e conseguem alterar o meio onde são inoculados e as interações com o ambiente, já outros organismos não alteram de modo importante os parâmetros agronômicos [13-15].

Tudo começou no Japão com Mokiti Okada em 1935 [10] com a proposta de agricultura natural messiânica que difundiu pelo mundo através da Fundação Mokiti Okada. Porém, somente na década de 70, o Dr. Teruo Higa começou os estudos de caráter científico com objetivo de melhorar a utilização da matéria orgânica nas unidades produtivas. Em 1982 realizou-se experimentação a campo testando diferentes grupos de ME com fertilizante químico e um controle só com fertilizante obtendo maior controle de *fusarium* em comparação ao controle, e encontraram respostas significativas em relação a ciclagem da matéria orgânica como aumento do teor de fósforo (P_2O) com relação ao controle sem fertilizante sendo por tanto, tão eficiente quanto o fertilizante químico [16, 17].

No solo existem diversos tipos de microrganismos que são considerados eficientes ou também denominados de benéficos por que possuem como

função a degradação da matéria orgânica a qual é sua fonte de alimento, e com isso auxiliam na ciclagem dos nutrientes, melhoram a qualidade estrutural dos solos e aumentam a saúde das plantas, além de evitarem contaminações e reduzir odores [18, 19, 20]. Ocorrem de forma natural no ambiente, cada um com suas respectivas funções: actinomicetos, bactérias ácido lácticas, bactérias fototróficas, leveduras além de fungos como *Aspergillus* e *Penicillium* [21]. Ao fazer a inoculação em matéria orgânica ou em composto fermentado, verifica-se um aumento na taxa de mineralização e na disponibilidade de nutrientes para as plantas [10]. Os FMA não estão sendo considerados pois os ME tratam-se de um mix de microrganismos podendo conter ou não fungos micorrízicos.

A mistura desses microrganismos baseia-se nos princípios do ecossistema natural em que quanto maior a quantidade populacional e maior a diversidade de espécies mais equilibrado e sustentável é o sistema [9]. Portanto, o conceito do EM é definido como “cultura mista de microrganismos benéficos” que apresenta sinergia entre os indivíduos. Assim, cada organismo individual não apresenta efeito quando comparado com a totalidade. Eles ocorrem naturalmente em ambientes preservados e podem ser inoculados em solos e em plantas com o objetivo de aumentar a diversidade funcional e restabelecer o equilíbrio dos agroecossistemas [18, 16].

A fundação Mokiti Okada produzia e comercializava as espécies de ME em diferentes formulações. A formulação “tradicional” ME-4 composta pela associação de microrganismos, leveduras, actinomicetos e bactérias lácticas e fabricado pela fundação Mokiti Okada [19, 20, 22,23]. Já a formulação ME-1 é fabricada conforme as especificações de cada país, já é produzida em mais de 59 países, é composta principalmente por bactérias ácido lácticas. Na referência [24] também existem outras formulações destinadas à saúde humana, como a regulação do trato digestivo com o ME · X GOLD e o Pro ME · 1. Em estudo sobre os efeitos e composição do EM -1 [25] foram encontradas as espécies Acidobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes, Cyanobacteria, Firmicutes que aumentaram a taxa de germinação e a velocidade de germinação de sementes de capim-marandu. Ao estudarem uma solução mista de bactérias fotossintéticas, fungos e leveduras [16] denominaram estas como

ME-2, e ME-3 uma cultura mista de bactérias fotossintéticas. Outros autores [26] ainda classificaram ME-A (produzido a partir da mistura de 5% do ME-1 com melão de cana a uma temperatura de 30°C em recipiente lacrado durante uma a duas semanas), ME-Compost (quando misturado aos resíduos orgânicos na compostagem), ME-Bokashi (mistura do ME-A com material orgânico fresco deixado para fermentar em recipiente selado) e ME-5 (mistura do ME-1 com vinagre, álcool 30% ou mais e melão de cana).

Na literatura [11-14] há muitos trabalhos que comprovaram uma variedade de benefícios e utilidades dos ME-1, ME-2, ME-X, etc. Eles demonstraram-se eficazes no combate a doenças do trigo (*Triticum aestivum* L.) e por atuarem na recuperação da biota do solo, restabelecendo um equilíbrio entre microrganismos patogênicos e oportunistas [27-29]. Conforme os autores consultados [30] o aumento da disponibilidade de minerais pela maior taxa de mineralização, ocasionada pela decomposição associada aos ME, e o repovoamento do solo por estes microrganismos suprimem a atividade de grupos de microrganismos oportunistas causadores de doenças, propiciam a homeostase e a melhoria dos atributos físicos e químicos do solo. Além disso, os ME podem atuar como promotores do crescimento de plantas estimulando a atividade fotossintética [18], o crescimento foliar, a altura das plantas e o rendimento das culturas [31-33, 11, 12]. Associado a outros microrganismos (*Bacillus* sp. cepa C – 82/3), tal como observado no estudo realizado por [34], os ME podem atuar tanto no incremento da produtividade da beterraba quanto na redução da incidência da podridão radicular. Em plantas submetidas a estresses, os ME também mostraram resultados promissores: em solos salinos, a aplicação destes microrganismos foi associada com a amenização do estresse causado pelo excesso de sais ao favorecer uma biossíntese de clorofila (índice SPAD mais alto) e melhorando os principais índices de qualidade das folhas (menor teor de nitrato e maior teor de fenóis totais). [35]. Em solos arenosos, com fertilidade baixa, a aplicação dos ME potencializou a disponibilização dos nutrientes minerais para plantas de feijoeiro [36].

Além disso, estudos demonstraram a melhoria do desempenho do processo de compostagem com redução de odores e tempo de compostagem doméstica [37,19]. A combinação de EM com biochar associado a

compostagem rápida de Berkeley acelerou ainda mais o processo de mineralização do composto, impactando nas propriedades físicas e químicas respectivamente [38].

Entretanto, há diversos relatos evidenciando a ineficácia dos ME. No estudo de [39], os autores mostraram ausência de efeito tanto no incremento da diversidade microbiana quanto na mineralização de nitrogênio, fósforo e enxofre orgânicos quando os produtos comerciais à base de microrganismos eficientes foram aplicados juntamente com esterco em sistema experimental conduzido em vasos e seis tipos de capim crescendo no substrato. Além disso, os mesmos autores não identificaram alterações significativas na produção de biomassa dos capins cultivados na presença da matéria orgânica incubada com ME. Igualmente, [40] em um estudo acerca do manejo no sistema orgânico acompanhado por 4 anos, em solo tratado com diferentes misturas comerciais de ME, não ocorreu incremento de produção das culturas bem como da biomassa microbiana. [41] Em um experimento à campo, foi avaliado o efeito do emprego de esterco aviário e de ME no rendimento de milho doce e nas propriedades químicas e microbianas de solos ácidos em áreas úmidas. Os mesmos autores observaram que em relação aos parâmetros avaliados, a aplicação dos ME em nenhum dos tratamentos apresentou efeito benéfico.

Dos trabalhos revisados por [42] em relação ao efeito do uso dos ME na produtividade vegetal de hortaliças pôde-se constatar que 70% dos trabalhos indicaram correlação positiva da aplicação dos ME com o incremento da eficiência fotossintética, 84% dos estudos indicaram efeito positivo na produtividade das culturas, 4% dos estudos foram negativos e 12% não obtiveram influência significativa. Os mesmos autores apontaram que os efeitos dos ME sobre o rendimento das culturas estão relacionados a redução de pragas, doenças e seu efeito protetor as plantas.

Além do uso na produção de alimentos livres de poluentes, os ME, têm sido utilizados na floricultura e paisagismo. Na produção de rosas e gérberas, o uso dos ME proporcionou um aumento na disponibilidade dos nutrientes no substrato turfa, tanto via aplicação foliar quanto aplicado diretamente no substrato [43]. Os mesmos autores observaram uma tendência de redução de pH induzido pelos ME, incremento no número de brotos e diâmetro das flores de roseiras e no número de inflorescência nas gérberas, quando os ME foram

aplicados diretamente no substrato. Na pulverização da parte aérea obteve-se efeito no diâmetro de flores (rosa), no número de inflorescência e folhas formadas em gérbera.

Os microrganismos eficientes têm pouco uso na biorremediação de metais, e em apenas um estudo mostrou eficácia com alginato simples na remoção de metais [44]. O uso de ME tem impacto mínimo sobre o conteúdo de sólidos em estação de tratamento de água residual. Por outro lado, [45] observaram efeito positivo em relação a tanques sépticos. Já no tratamento integrado de águas residuais domésticas, os ME têm potencial de melhorar a eficiência e eficácia geral do lodo ativado, reduzir odores dos banheiros e o tratamento também possibilitou a redução de microrganismos patogênicos, especificamente coliformes fecais [46]. Em estudo com o uso de EM em rios de poluição classe IV houve eficiência nos atributos de: redução da temperatura, demanda bioquímica de O_2 , demanda química de O_2 e nitrogênio amoniacal, portanto diluição de poluição do afluente, não houve interferência para pH, O_2 dissolvido e sólidos suspensos [47]. O tratamento de com ME em palha de cevada não se mostrou eficiente para redução de nutrientes livres bem como a abundância de fitoplâncton em lago rasos, mas apresentou resultados na decomposição da matéria orgânica e redução no nitrogênio solúvel [48]. Mas, o uso de ME associado a bokashi ou fertilizante potássico aplicado em superfície aumenta a produtividade de cevada e alface, a o uso dos três fatores em conjunto é capaz de reduzir a transferência para as culturas estudadas de 50 a 63% de Cesium 137 em solo radioativo sendo mais eficiente para cevada [49].

Do exposto, depreende-se que para uma agricultura mais sustentável, como será explanado no tópico seguinte, os microrganismos apresentam-se como uma alternativa biológica, eficiente, prática, de baixo custo e de baixo impacto ambiental [50], que poderá ser utilizada para amenizar os problemas relacionados com a baixa produtividade agrícola em decorrência de diferentes estresses ambientais, experimentados pelas culturas.

3. Agricultura Sustentável

O termo *sustentabilidade* tem sido utilizado muitas vezes apenas como um sinônimo de estabilidade, como por exemplo, sustentável economicamente, no sentido de que os gastos não devem ser maiores que os lucros. Este termo

começou a ser utilizado estrategicamente nas décadas de 80-90, quando a madeira era uma matéria-prima muito requisitada, com o intuito de manter o lucro ao “cortar somente a quantidade que a floresta fosse capaz de suportar e que permitisse a continuidade de seu crescimento” [51]. Desde então, aumentou a atenção ao tema da sustentabilidade por meio de diversas ações como o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, Pnuma, pouco eficazes, mas que deram maior relevância ao assunto [52]. Além disso, algumas empresas também passaram a se preocupar com a sustentabilidade, especialmente a partir de 2010, frente à nova era digital, quando o acesso e a troca de informações foram facilitadas, tornaram-se rápidas e eficazes, e os consumidores passaram a ter preferência por rótulos com selos tais como: “100% orgânico”, “Eco friendly”, “Natural”, “Vegan”, “Reciclável” etc. [53].

Os sistemas agrícolas convencionais baseados no uso intensivo de insumos externos à propriedade, tais como agrotóxicos e adubos de síntese química têm se mostrado cada vez mais insustentáveis, devido à ineficiência no controle de novas doenças, promoção de resistências em pragas e poluição dos recursos naturais como o solo e água, além de contaminar os alimentos especialmente hortaliças que são consumidas muitas vezes em natura e os próprios agricultores [54]. A agricultura no Brasil proporcionou um crescimento econômico de notória relevância ao longo de sua história e possibilitou ao país destacar-se como um dos maiores produtores de alimentos do mundo. No entanto, verifica-se que muitos impactos socioambientais foram desencadeados durante esse processo e entre os principais impactos estão o alto índice de desmatamento da Mata Atlântica, do Cerrado e da Floresta Amazônica, em prol do estabelecimento de commodities agrícolas. Neste contexto, também ocorreu a perda da biodiversidade faunística e florística, a contaminação e degradação dos recursos hídricos pelo constante uso dos agroquímicos e destruição das matas, intoxicações e mortes de trabalhadores ocasionadas pelos agrotóxicos [55-58]. Outro fenômeno que pode ser associado ao modelo convencional foi o aumento do êxodo rural e a formação de complexos de favelas nos centros urbanos [59, 60].

Uma transição bem-sucedida dos sistemas agrícolas baseados em produtos de síntese química para uma agricultura mais sustentável dependerá em grande parte do que os agricultores poderão fazer para melhorar e manter

a qualidade de seus solos agrícolas. De fato, a qualidade do solo é a chave para uma agricultura sustentável. Não é de surpreender que as práticas agrícolas alternativas preconizadas pelo Conselho Nacional de Pesquisa sejam principalmente as que podem melhorar e manter a qualidade do solo. A experiência [61, 62] mostrou que a transição da agricultura convencional para a agricultura da natureza ou para a agricultura orgânica pode envolver certos riscos, tais como os mais baixos rendimentos obtidos e aumento dos problemas de pragas nas fases iniciais. Depois do período de transição, que pode levar vários anos, a maioria dos agricultores considera seus novos sistemas agrícolas estáveis, produtivos, gerenciáveis e lucrativos, sem o emprego dos pesticidas [63-66].

Dentre as práticas agronômicas sustentáveis, as mais comuns são a rotação de culturas, os sistemas agroflorestais, a paisagem heterogênea, o consórcio de culturas e a associação de plantas, práticas essas que favorecem a relação de ME no solo ao aumentar a quantidade de matéria orgânica assim mantendo a “saúde do solo”, essencial para uma produção de qualidade. O uso de sistemas de cultivos com espécies diversificadas se mostra cada vez mais útil em diversas regiões, sendo uma prática considerada sustentável, pois em ambientes heterogêneos onde a complexidade genética é maior, a distribuição de pragas e doenças muda, permitindo às culturas um maior rendimento, e isso também pode ser associado à melhorias da qualidade do solo [67-70]. Entretanto, quando se trata de sustentabilidade ecológica é preciso lembrar alguns aspectos importantes tais como, qualidade da água, saúde alimentar, emissão de gases do efeito estufa e qualidade do solo. Estudos através de meta-análises permitem observar os benefícios da sustentabilidade através da diversificação de culturas [71].

Esses aspectos são grande parte dos objetivos da agroecologia, bem como um dos seus maiores desafios. Para que se tenha uma agricultura capaz de manter a qualidade da água e do solo e um alimento saudável livre de contaminantes é necessário o não emprego de produtos de síntese química que são tóxicos ao meio ambiente, ao ciclo natural ecológico, aos humanos e aos animais. Dessa forma pode-se alcançar a sustentabilidade econômica do agricultor, uma vez que este não precisará mais investir nesses produtos [72]. Por outro lado, é preciso manter a sustentabilidade da produção, nem sempre

obtida nas fases iniciais em sistemas de transição agroecológica, porém não impossível. Para isso, faz-se necessário renunciar a padrões e arriscar-se em novos manejos, isso porque em a diversificação de culturas o sistema torna-se mais complexo e dinâmico. Cada lavoura é única e possui suas especificidades, e requer sempre uma visão holística para as adversidades que surgem ao longo do processo de produção [73].

Está claro para os cientistas que os seres humanos têm causado prejuízos à natureza e aos seus recursos, dos quais dependemos, e que embora sua capacidade de resiliência seja absurda, a degradação contínua e em curto espaço de tempo, acaba sendo insuficiente para que esta se regenere. Na Amazônia Legal desmatamento de 9.762 km² em um ano, representou um grande aumento desde 2008 [74]. Isso nos leva a buscar caminhos para viver efetivamente de modo sustentável, sendo a agroecologia um desses caminhos, uma vez que reúne diferentes áreas do conhecimento em prol um objetivo em comum. Dentro das ciências agrárias há uma gama de metodologias desenvolvidas e em processo de desenvolvimento para auxiliar os produtores no manejo de suas culturas até mesmo os que se encontram em processo de transição agroecológica. Entre os diferentes manejos sustentáveis podemos citar: os sistemas agroflorestais (SAF's), sistemas integrados de lavoura-pecuária, permacultura, uso de calda bordalesa, preparados homeopáticos, microrganismos eficientes (EM's), controle biológico, compostagem etc. [75].

Os microrganismos eficientes aparecem como ferramenta chave no processo de construção de uma agricultura sustentável já que parecem ser capazes de promover melhorias na estrutura e qualidade do solo, diminuir a incidência de pragas e melhorar o crescimento e rendimento das culturas, além de possuírem diversas outras funções [11]. Sua caracterização será abordada no tópico seguinte.

4. Caracterização dos ME

Vários tipos de microrganismos podem ser encontrados e utilizados em solução de ME. Diversos autores citam bactérias fotossintetizantes, bactérias ácido-láticas, leveduras, actinomicetos conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Microrganismos eficientes mais citados pela literatura.

Espécie ou gênero	Título do trabalho	Autores
<i>Azotobacter spp.</i>		
<i>Rhizobium spp.</i>	Beneficial and effective	
<i>Penicillium spp</i>	microorganisms for a	(HIGA; PARR,
<i>Aspergillus spp.</i>	sustainable agriculture and	1994)
<i>Trichoderma spp.</i>	environment	
<i>Streptomyces spp.</i>		
<i>Rhodobacter sphaeroides</i>		
<i>Rhodopseudomonas plastris</i>	Field evaluation of effective	
<i>Lactobacillus plantarum</i>	microorganisms (EM)	(JAVAID; BAJWA,
<i>Lactobacillus casei</i>	application for growth,	2011)
<i>Streptococcus lactis</i>	nodulation, and nutrition of	
<i>Saccharomyces spp.</i>	mung bean	
<i>Strptomyces spp.</i>		
<i>Lactobacillus plantarum</i>		
<i>Lactobacillus casei</i>	The influence of plant	
<i>Streptomyces spp.</i>	protection by effective	(KUSZNIEREWIC
<i>Saccharomyces spp.</i>	microorganisms on the	Z et al., 2017)
<i>Rhodopseudomonas plastris</i>	content of bioactive	
<i>Streptococcus lactis</i>	phytochemicals in apples	
<i>Streptococcus lactis</i>		
<i>Streptomyces griseus</i>		
<i>Streptomyces albus</i>	Influence of “Effective	
<i>Propionibacterium</i>	Microorganisms” (EM) on	(DALY;
<i>freudenreichii</i>	Vegetable Production and	STEWART, 1999)
<i>Aspergillus oryzae</i>	Carbon Mineralization—A	
<i>Mucor hiemalis</i>	Preliminary Investigation	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		
<i>Candida utilis</i>		
<i>Streptococcus lactis</i>	Long-term effective	(HU; QI, 2013)

<i>Streptomyces griseus</i>	microorganisms application	
<i>Streptomyces albus</i>	promote growth and	
<i>Propionibacterium freudenreichii</i>	increase	
<i>Aspergillus oryzae</i>	yields and nutrition of	
<i>Mucor hiemalis</i>	wheat in China	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		
<i>Candida utilis</i>		
<i>Rhodobacter sphaeroides</i>		
<i>Lactobacillus plantarum</i>		
<i>L. casei</i>	Effective microorganisms:	
<i>Streptococcus lactis</i>	An innovative tool for	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	inducing common bean	
<i>Candida utilis</i>	(<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	(TALAAT, 2019)
<i>Streptomyces albus</i>	salt-tolerance by regulating	
<i>S. griseus</i>	photosynthetic rate and	
<i>Aspergillus oryzae</i>	endogenous	
<i>Penicillium sp.</i>	phytohormones production	
<i>Mucor hiemalis</i>		

5. Microrganismos efetivos mais citados pela literatura.

Bactérias fotossintéticas podem produzir substâncias como aminoácidos, ácidos nucleicos, açúcares e polissacarídeos que podem ser úteis para acelerar o desenvolvimento de plantas [11]. Em situações de limitação de nitrogênio, bactérias como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium*, desenvolvem em hospedeiros fabáceas a formação de nódulos em raízes ou no tronco, onde tais são capazes de converter o nitrogênio atmosférico em amônia, que então é utilizada pela planta como fonte de nitrogênio [76]. Tais bactérias fixadoras de nitrogênio, principalmente as do gênero *Azobacter*, são capazes de melhorar o desempenho do crescimento de plantas por inúmeros mecanismos diretos e indiretos [31]. Souza *et al.*[77] mostraram que bactérias fixadoras de nitrogênio nas folhas, podem aumentar o rendimento de produção das culturas. Outras bactérias, como as ácido-láticas podem apresentar

atividade antimicrobiana, através da produção de metabólitos ativos, como ácidos orgânicos, bacteriocinas e diversos outros compostos bioativos e inibitórios [78]. Reis *et al.* [79], reportaram que *Lacobacillus plantarum* foi eficiente na prevenção contra três diferentes patógenos, *Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas arboricola* e *Xanthomonas fragariae* em plantas de morango kiwi e prumos.

As leveduras promovem diversos efeitos naturais em plantas, como o aumento do crescimento, atribuído principalmente a produção de fitormônios como citocinina, que estimulam a divisão celular, a produção de proteínas, ácido nucléico e clorofila, além de produzirem vitaminas, enzimas, aminoácidos e ácidos naturais [80-82]. Na referência [83] a utilização de microrganismos eficientes, principalmente bactérias fotossintetizantes como *Rhodobacter sphaeroides*, bactérias ácido-láticas como *Lactobacillus plantarum* e leveduras, como a *Saccharomices cerevisiae* melhoraram o crescimento de plantas de pepino em campos de cultivo. Também foi constatado que a inoculação de *R. sphaeroides* regula os metabólitos funcionais da planta, assim promoveram o seu crescimento. Gao *et al.* mostraram que leveduras da espécie *Saccharomices cerevisiae* foram capazes de amenizar o efeito do estresse hídrico em plantas de arroz melhorar alguns atributos fotossintéticos e o rendimento das plantas.

Ainda, fungos do gênero *Penicillium*, *Trichoderma* e *Aspergillus*, além de actinomicetos do gernerio *Streptomyces* spp., produzem grandes quantidades de antibióticos, protegendo a planta de diferentes patógenos [9]. Antagonistas do gênero *Trichoderma* são fungos capazes de conter populações de patógenos em diferentes condições do solo. São amplamente comercializados e utilizados como biofertilizantes, biopesticidas e corretores de solo. Similarmente a *Streptomyces* spp., os fungos do gênero *Trichoderma* produzem inúmeros compostos biologicamente ativos, como enzimas que degradam a parede celular e metabolitos secundários [85].

Zhang *et al.* [29] o estudo mostrou que além de ser eficaz contra patógenos o fungo *Trichoderma longibrachiatum* T6 atenuou significativamente os efeitos de estresse ao sal em mudas de trigo, atribuindo a este resultado a melhora do sistema antioxidante e a expressão do gene na planta. *Streptomyces* spp. são bactérias filamentosas pertencentes a família

Actinomicetáceas. Tais bactérias produzem metabólitos de grande potencial para o controle de diversos fitopatógenos fúngicos e bacterianos, são colonizadores eficientes das plantas, das raízes até a parte aérea e produtores de antibióticos e compostos orgânicos voláteis [86]. Além disto, na mesma referência, *Streptomyces spp.* demonstrou uma grande capacidade de promover o crescimento em várias culturas, inspirando assim a sua utilização em biofertilizantes.

6. Ferramentas utilizadas para avaliação do potencial tecnológico dos ME na promoção do crescimento de plantas

A maioria das análises fisiológicas e bioquímicas utilizadas para estudar o potencial dos ME na promoção do crescimento e saúde de plantas foram feitas com o uso de uma grande variedade de metodologias, as quais têm sido aplicadas para avaliar os benefícios dos ME na agricultura (Figura 1). Apenas algumas delas são “não destrutivas”, porém todas são pertinentes e estão relacionadas com os processos metabólicos de desenvolvimento das plantas.

Os estudos envolvendo o uso dos ME na promoção do crescimento de plantas têm mostrado que os parâmetros de crescimento e de produtividade são as análises mais utilizadas para estes fins [87, 88, 36]. Outros trabalhos [25] avaliaram através de testes de germinação a eficiência dos ME em potencializar a taxa e velocidade germinação de sementes.

Alguns estudos também avaliaram parâmetros destrutivos ou não destrutivos, muito embora estes tenham sido utilizados para avaliar o potencial dos ME em mitigar os efeitos nocivos causados pela exposição das plantas aos diferentes tipos de estresses ambientais, sendo o mais estudado o estresse salino [89, 90, 35, 36, 19]. O principal enfoque destes estudos além dos parâmetros morfológicos de crescimento foi a análise de parâmetros bioquímicos, uma aproximação reducionista e destrutiva, como demonstrado através da Figura 1. Apesar da dificuldade de reprodução, tais análises são adequadas para entender os mecanismos pelo qual os ME atuam no metabolismo vegetal, protegendo e conferindo resistência às plantas contra os efeitos danosos da salinidade [91, 50]. Tais análises avaliaram a atividade de enzimas antioxidantes [91, 50), parâmetros oxidativos (peroxidação lipídica, conteúdo de peróxido de hidrogênio), osmólitos (açúcares solúveis, prolina,

aminoácidos livres), conteúdo de poliamina, estado nutricional das plantas, bem como enzimas envolvidas com o metabolismo fotossintético (RUBISCO, RuBP) [92, 18] ou o metabolismo do nitrogênio (nitrato redutase) [91]. No entanto, essas análises têm a desvantagem de serem destrutivas e demoradas, o que dificulta a sua reprodução.

Um dos poucos parâmetros não destrutivos que vem sendo utilizados amplamente nas pesquisas com plantas são os parâmetros de trocas gasosas e a fluorescência da clorofila. Desenvolvido por Strasser e Strasser (1995), o teste JIP pode analisar os dados da intensidade de fluorescência transiente (OJIP), o que possibilita quantificar a eficiência de absorção e aproveitamento da energia luminosa pela cadeia transportadora de elétrons da fotossíntese [93]. Embora este parâmetro seja capaz de detectar com segurança e confiabilidade efeitos de injúrias provocados por estresses bióticos ou abióticos no aparato fotossintético, ele tem sido pouco utilizado para avaliar os mecanismos envolvidos na promoção do crescimento das plantas pela influência dos ME. Para analisar as trocas gasosas e a fluorescência da clorofila, muitos trabalhos têm utilizado equipamentos como o analisador de gás infravermelho (IRGA) [94, 95] (Figura 1).

Aqueles que utilizaram estes parâmetros não destrutivos [36], observaram ao analisar a razão da fluorescência variável para a fluorescência máxima (F_v/F_m), uma manutenção da eficiência fotoquímica provocada pelo tratamento com ME, que manteve os níveis ideais de Fluorescência (0,83) e isso se refletiu no aumento de todas as propriedades de produção de sementes. A F_v/F_m é um parâmetro que demonstra o rendimento fotoquímico máximo do centro do fotossistema II (PSII), que está diretamente relacionado ao rendimento quântico da fotossíntese líquida das folhas das plantas (Figura 1). Neste sentido, em condições de estresse, especialmente estresse salino ou estresse hídrico as plantas tendem a aumentar a quantidade de CO_2 interno e diminuir a fluorescência da clorofila bem como a taxa de transporte de elétrons e o rendimento quântico efetivo da fotossíntese líquida conseqüentemente levando a uma baixa produção de grãos, por outro lado os estudos demonstram que o tratamento com ME promovem a manutenção dessas vias metabólicas permitindo a mitigação de estresses e promovendo o bom desenvolvimento das plantas [96, 97, 18].

Além destas ferramentas, é importante citar que além dos ME, há relatos dos usos dos seus metabólitos com aplicações no crescimento de plantas. Nesta linha, parece que além de induzir resistência e garantir a saúde das plantas, os metabólitos são promissores pois também protegem as plantas e sementes contra patógenos, reduzindo desta forma os produtos químicos no tratamento de sementes [98].

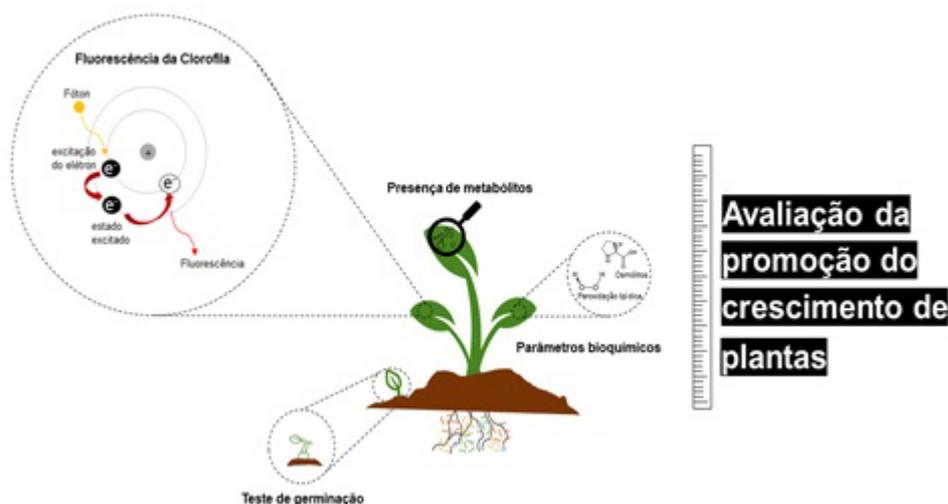


Figura 1. Síntese dos métodos utilizados para avaliação do potencial dos ME na promoção do crescimento de plantas.

7. Aplicações dos ME

Os estudos acerca dos microrganismos eficientes ainda são muito recentes. Teruo Higa foi o primeiro a detalhar a importância desses seres vivos para o solo e conseqüentemente para a produção agrícola e população humana como um todo. Apresentou as possíveis utilizações no manejo ecológico dos sistemas, uma vez que os EM são capazes de promover estabilidade nas características físico-químicas do solo (diminuído efeitos de compactação e erosão, por exemplo), acelerar a decomposição de matéria orgânica, melhorar o metabolismo das plantas, pode resultar em aumento do rendimento e qualidade nutricional dos grãos, podem ajudar na descontaminação das águas ao decompor compostos poluentes e nos animais podem ajudar na diminuição de estresse, redução de odores, além da

diminuição de patógenos tanto em plantas quanto em animais [99, 87, 20]. Porém, os efeitos podem variar conforme as condições agroclimáticas de cada região. Os ME podem ser usados como componentes importantes de adubos orgânicos, como inoculantes de leguminosas para fixação biológica de nitrogênio, como um meio de suprimir insetos e doenças de plantas para melhorar a qualidade e o rendimento das culturas e reduzir o trabalho, para aprimorar os efeitos sinérgicos do solo, entre outras utilizações [9, 20, 21].

Estudos recentes [10, 91, 100, 101] demonstraram que a aplicação de ME é capaz de induzir de resistência de plantas a estresses abióticos ao melhorar a resposta de defesa das plantas, aumentar o teor de proteína em detrimento de lipídeos do grão, em solos pobres, favorecer a acumulação de íons metálicos relevantes para a nutrição humana (Ferro, Cálcio, Sódio, Cobre e Fósforo) através da manutenção da eficiência do PSII e absorção de P da planta. Na pecuária melhoram a digestibilidade, diminui a acidose ruminal, melhora a taxa de conversão alimentar, promove estímulo imunológico, qualidade do ovo e leite, controle de síndromes metabólicas, auxiliam na prevenção de diarreia, alívio do estresse, microbiota intestinal alterada e imunomodulação, além de melhorar a qualidade da carne pela diminuição de doenças como *Campylobacter*, *Salmonella* e *Listeria monocytogenes* [36, 102, 103].

Por outro lado, Mayer *et al.* [40] obtiveram poucos resultados ao observar a influência da inoculação de ME em solos agrícolas ao longo de 4 anos. Embora tenha surtido efeito em observações *in vitro* no controle de *Phytophthora infestanse*, a aplicação foliar aumentou o rendimento em relação ao tratamento controle. Os tratamentos com ME não surtiram efeito sobre a qualidade do solo, a população microbiana ou o rendimento da planta, embora tenha surtido pequeno efeito quando aplicado com adubo orgânico (Bokashi), e aumentou a população de bactérias solubilizantes de fósforo e bactérias fixadoras de nitrogênio. Ao passo que, Oliveira *et al.* [19] constatou que a aplicação de ME em compostagem doméstica foi capaz de produzir um composto final de qualidade, livre de patógenos, com o nível de nutrientes recomendado, tanto quanto o tratamento controle. Além disso, melhorou o controle de odor e alguns parâmetros específicos: redução de gordura, processo de humidificação e conteúdo de nitrogênio.

Os microrganismos presentes no solo são responsáveis pela degradação da matéria orgânica e outros compostos, mineralizando os nutrientes, isto é, transformas os compostos orgânicos em compostos inorgânicos disponíveis para as plantas [104]. A partir dessa relação, a aplicação de preparados de ME na agricultura e outras práticas pode ser útil para diversas finalidades: produção agrícola; restauração do solo devido aos problemas causados por fertilizantes e pesticidas químicos; fabricação de fertilizantes, forragens e bioaditivos fermentados em forrageiras; processamento e armazenamento da produção agrícola; processamento de resíduos orgânicos, tratamento de esgoto; proteção da saúde animal (bovinos e aves); fabricação de cosméticos médicos [105].

De modo geral, a maior parte dos estudos indica que o uso de microrganismos eficientes é capaz de promover melhoria no rendimento e absorção de nutrientes, resistência ou tolerância à estresses abióticos como condições de salinidade, déficit hídrico ou solos pobres, arenosos, e à estresses bióticos, diminuindo a incidência de doenças, aumentando concentração de NPK nas plantas e aumentando o seu crescimento: altura da parte aérea, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, pesos frescos e secos das folhas e pesos frescos e secos das raízes. Além disso, quando avaliado a relação custo-benefício o uso de ME causou aumento do lucro líquido obtido [19, 50, 87, 106-108].

Conforme Souza *et al.* [77] as bactérias inoculadas em culturas agrícolas são eficientes devido a vários fatores, entre os quais a capacidade dessas bactérias de colonizar as raízes das plantas, a exsudação pelas raízes das plantas e a saúde do solo, promovem o crescimento das plantas e ajudam na saúde do solo, assim fornecem nutrientes e impedem a proliferação de fitopatógenos. Glick [109] também comprovou que algumas bactérias são capazes de inibir patógenos de planta como *Pythium ultimum*, *Fusarium oxysporum*, *Erwinia carotovora*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Agrobacterium vitis*, *Sclerotium rolfsii*, e *Rhizoctonia solani* devido à capacidade de produzir antibióticos e enzimas líticas, além de sideróforos que impedem a absorção de ferro pelos patógenos, dificultando sua proliferação.

Também são eficazes na Biorremediação simbiótica de águas residuais da aquicultura através da remoção de amônia e fósforo, simplesmente pelo

metabolismo e capacidade oxidativa dos ME [110]. Além disso, os microrganismos eficientes têm sido testados para possíveis finalidades de tratamento de diversas doenças em humanos como o câncer, diabetes, hipertensão, reumatismo, tuberculose, HIV/AIDS, entre outras, sendo que se obtiveram resultados positivos com o tratamento de extrato fermentado (EM-X), que foi capaz de inibir o crescimento e regeneração das células cancerígenas, possivelmente por sua ação antioxidante [111, 112].

8. Considerações finais

Considerando os pressupostos de uma agricultura que visa o equilíbrio dos agroecossistemas os microrganismos eficientes são importantes aliados, e proporcionam uma série de benefícios ao sistema com um todo. Porém, mais estudos nesse contexto são importantes, por meio de trabalhos e estudos comparativos entre os ME disponíveis comercialmente e os obtidos por meio de processos artesanais a campo, na mesma região, pois os efeitos adaptativos dos microrganismos podem ser decisivos no efeito resposta.

Há uma complexa interação de vários microrganismos, capazes de desempenhar um importante papel, seja de forma isolado ou associativo, que podem interferir significativamente no ambiente em que são inseridos. Os ME são uma importante ferramenta, ainda que para alguns tratamentos os resultados sejam inconclusivos, como no caso do tratamento de efluentes.

Também é possível perceber uma gama de possibilidades onde os microrganismos eficientes estão inseridos, um campo vasto para agricultura e para a biodiversidade, que indica a necessidade de trabalhos com as grandes culturas como soja, milho etc.

9. Agradecimentos

À Universidade Federal da Fronteira Sul pelo apoio financeiro concedido para a execução dos projetos de pesquisa os quais resultaram em vários trabalhos, sendo esta publicação, um deles.

10. Referências

[1] Capra, F. A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. Trad. Newton Roberval Eicheberg. São Paulo: Cultrix, 1999.

- [2] Capra, Fritjof. *As conexões ocultas: ciência para uma vida sustentável*. São Paulo: Cultrix, 2002.
- [3] Capra, F. *O ponto de mutação*. São Paulo: Cultrix, 1994.
- [4] Capra, F.; LUISI, P. L. *A visão sistêmica da vida: uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas*. São Paulo, Cultrix, 2014. 615 p.
- [5] Silva, Franciédna Maria da. *Percepção de risco no uso de agrotóxicos em cinco comunidades rurais no município de Pombal - PB*. Tese de Conclusão de Curso. Pombal: Universidade Federal de Campina Grande; 2014.
- [6] Mossi, A.J.; Petry, C.; Junior, F.W.R. *Agroecology: Insights, Experiences and Perspectives*: 1 ed. Rio Grande do Sul: Nova, 2020. 346 p.
- [7] Canuto, J. C. *Agroecologia: princípios e estratégias para o desenho de agroecossistemas sustentáveis*. *Redes*, Santa Cruz do Sul, Universidade de Santa Cruz do Sul, 22(2), p. 137-151, 2017. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/9351>. Acesso em 24 de fev. 2021.
- [8] Amarante, E. A. L. DO. et al. *Agricultura familiar e a sustentabilidade: novos arranjos e processos*. *Braz. J. of Develop. Curitiba*, 4(7), Edição Especial, p. 4419-4432, nov. 2018. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/626>. Acesso em 24 de fev. 2021.
- [9] Higa, T., Parr, J.F., 1994. *Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment*. International Nature Farming Research Centre, Atami, Japan, p. 16. Disponível em: <https://www.the-compost-gardener.com/support-files/em-1-higa-paper.pdf>. Acesso em 24 de fev. 2021.
- [10] Mitsuiki C. *Efeito de sistemas de preparo de solo e do uso de Microrganismos Eficazes nas propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade de batata*. Tese de Mestrado. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2006.
- [11] Javaid, A.; Bajwa, R. *Field evaluation of effective microorganisms (EM) application for growth, nodulation, and nutrition of mung bean*. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(4), p. 443–452, 2011. <http://doi.org/10.3906/tar-1001-599>.

- [12] Joshi, H. et al. Role of Effective Microorganisms (EM) in Sustainable Agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(3), p. 172–181, 2019. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.024>.
- [13] Wilkinson, K. M. Beneficial microorganisms. In: Dumroese, R. Kasten; Luna, Tara; Landis, Thomas D., editors. *Nursery manual for native plants: A guide for tribal nurseries-Volume 1: Nursery management*. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. p. 247-261. 2009.
- [14] Figueiredo, M.V.B. et al. Beneficial Microorganisms: Current Challenge to Increase Crop Performance. In: Arora N., Mehnaz S., Balestrini R. (eds) *Bioformulations: for Sustainable Agriculture*. Springer, New Delhi, 2016.
- [15] Parnell, J. J. et al. From the lab to the farm: An industrial perspective of plant beneficial microorganisms. *Frontiers in Plant Science*, 7(1110), p. 1–12, 2016. <http://doi.org/10.3389/fpls.2016.01110>.
- [16] Higa, T.; Wididana, G.N. The concept and theories of Effective Microorganisms. In Parr, J.F.; Hornick, S.B.; Whitman, C.E. (ed.) *Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming*, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USA. p. 118-124, 1991.
- [17] Andrade, F.M.C. *Caderno dos microrganismos eficientes (EM) - Instruções práticas sobre o uso ecológico e social do EM*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 32p. Disponível em: <http://estaticog1.globo.com/2014/04/16/caderno-dos-microrganismos-eficientes.pdf>. Acesso em 24 de fev. 2021.
- [18] Fan, Y. Van et al. Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. *Journal of Environmental Management*, 216(2018), p. 41–48, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.019>.
- [19] Oliveira, E. A. G. de et al. Compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” obtidos com diferentes materiais de origem vegetal e diferentes formas de inoculação visando sua utilização no cultivo de hortaliças. 23. ed. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2014. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 24 de fev. 2021.
- [20] Teixeira, N. T.; Witt, L. de; Filho, P. R. R. da S. Microrganismos de regeneração nas propriedades químicas do solo, desenvolvimento E produção de milho. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, 14(2), p. 72–80, 2017.

<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=1499&layout=abstract>. Acesso em: 20 de dez. 2020.

[21] Talaat, N. B. Effective microorganisms: An innovative tool for inducing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) salt-tolerance by regulating photosynthetic rate and endogenous phytohormones production. *Scientia Horticulturae*, v. 250, n. February, p. 254–265, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.052>.

[22] Ansar, M. et al. Application of Bokashi Fertilizer and Duration of Water Supply to Increase Growth, Yields, and Quality of Shallot in Dryland. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 15(5), p. 711–719, 2020. <https://doi.org/10.18280/ijdne.150513>.

[23] Sunarya, D. S.; Nisyawati; Wardhana, W. Utilization of baglog waste as bokashi fertilizer with local microorganisms (MOL) activator. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 524(1), 2020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/524/1/012013>.

[24] ENRO Japan. Disponível em: <https://www.emrojapan.com/trademark/>. Acesso em: 17 de dez. 2020.

[25] Santos, L. F. dos. Micro-organismos Eficientes: diversidade microbiana e efeito na germinação, crescimento e composição química de capim-marandu. Tese de Mestrado. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2016.

[26] Mandalaywala, H.; Patel, P.; Ratna, T. Introduction and Use of Effective Microorganisms for Bioremediation Processes-A Review. *International Journal of Science and Research Methodology*, 7(3), p. 41–50, 2017. Disponível em: www.ijstrm.humanjournals.com. Acesso em: 09 de dez. 2020.

[27] Golec, A. F. C.; Pérez, P. G.; Lokare, C. Effective Microorganisms: Myth or reality? *Revista Peruana de Biología*, 14(2), p. 315–319, 2007. <https://doi.org/10.15381/rpb.v14i2.1837>.

[28] Zydlik, P.; Zydlik, Z. Impact of biological effective microorganisms (EM) preparations on some physico-chemical properties of soil and the vegetative growth of apple-tree rootstocks. *Nauka Przyr. Technol.* 2(1), p.1-8, 2008. <http://www.npt.up-poznan.net/volume2/issue2/abstract-4.html>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

[29] Zhang, S.; Gan, Y.; Xu, B. Application of plant-growth-promoting fungi *Trichoderma longibrachiatum* T6 enhances tolerance of wheat to salt stress

through improvement of antioxidative defense system and gene expression. *Frontiers in Plant Science*, 7(1405), September, p. 1–11, 2016. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.0140>.

[30] Himangini J.; Somduttand, P. C.; Mundra, S.L. Role of Effective Microorganisms (EM) in Sustainable Agriculture. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 8(3), p.172-181, 2019. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.024>.

[31] Farajzadeh, D. et al. Plant growth promoting characterization of indigenous azotobacteria isolated from soils in Iran. *Current Microbiology*, 64(4), p. 397–403, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00284-012-0083-x>.

[32] Calero. H. A. et al. Effect of different application forms of efficient microorganisms on the agricultural productive of two bean cultivars. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(3), p. 8927–8935, 2019. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.76272>.

[33] Kazai, P. et al. Yield and seed quality parameters of common bean cultivars grown under water and heat stress field conditions. *AIMS Agriculture and Food*, 4(2), p. 285–302, 2019. <https://doi.org/10.3934/AGRFOOD.2019.2.285>.

[34] Smirnova, I.E.; Sadanov, A.K. Cellulolytic bacteria and association of effective microorganisms for biocontrol of root rot infections in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Biologiya [Agricultural Biology]*, 2019, 54(5), p. 1041-1051. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.5.1041eng>.

[35] Roupshael, Y. et al. Endophytic fungi induce salt stress tolerance in greenhouse-grown basil. *Acta Horticulturae*, v. 1268, p. 125–131, 2020. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1268.16>.

[36] Iriti, M., et al. Soil application of effective microorganisms (em) maintains leaf photosynthetic efficiency, increases seed yield and quality traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Plants grown on different substrates. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(9), p.1-9, 2019. <https://doi.org/10.3390/ijms20092327>.

[37] Shalaby, E. A. Prospects of effective microorganisms technology in wastes treatment in Egypt. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(3), p.243–248, 2011. [https://dx.doi.org/10.1016%2FS2221-1691\(11\)60035-X](https://dx.doi.org/10.1016%2FS2221-1691(11)60035-X).

[38] Nanyuli, I. et al. The effects of EM (effective microorganisms) and biochar on the rate of decomposition and the nutrient content of the compost manure

produced from the locally available materials during composting in kakamega central sub county kenya. *Journal of Horticulture and Plant Research* Submitted, v. 4, p. 33-47, 2018. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/JHPR.4.33>.

[39] Van Vliet, P. C. J.; BLOEM, J.; GOEDE, R. G. M. de. Microbial diversity, nitrogen loss and grass production after addition of Effective Micro-organisms® (EM) to slurry manure. *Applied Soil Ecology*, 32(2), p.188–198, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.07.001>.

[40] Mayer, J. et al. How effective are “Effective microorganisms® (EM)”? Results from a field study in temperate climate. *Applied Soil Ecology*, 46(2), p.230–239, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.08.007>.

[41] Priyadi, K. et al. Effect of soil type, applications of chicken manure and effective microorganisms on corn yield and microbial properties of acidic wetland soils in Indonesia. *Soil Sci. Plant Nut*, 51(5), p.689-691, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2005.tb00092.x>.

[42] Olle, M.; Williams, I. H. Effective microorganisms and their influence on vegetable production – a review. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 88(4), p.380–386, 2013. <https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11512979>.

[43] Gorski R, Kleiber T: Effect of effective microorganisms (EM) on nutrient content in substrate and development and yielding of roses (*Rosa x hybrida*) and gerbera (*Gerbera jamesonii*). *Ecol Chem Eng*. 17(4), p.506-512, 2010.

[44] Ting, A. S. Y. et al. Investigating metal removal potential by Effective Microorganisms (EM) in alginate-immobilized and free-cell forms. *Bioresource Technology*, v.147, p.636–639, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.08.064>.

[45] Szymanski, N.; Patterson, R. A. Effective microorganisms (EM) and wastewater systems. *Future Directions for On-site Systems: Best Management Practice*, p.347-355, 2003. <http://www.envismadrasuniv.org/pdf/effective%20microorganisms%20and%20waste%20water.pdf>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

[46] Shafei, E. EL.; Elmoteleb, E. ABD. Investigate the Effect of Effective Microorganism (EM) on Improving the Quality of Sewage Water from Al-Gabal

Al-Asfar Area in Egypt. 1st International Conference on Towards a Better Quality of Life, (24), p.1-9, 2017. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3164096>.

[47] Wahid, W.; Azman, S. Improvement of Water Quality using Effective Microorganisms. *Environmental Engineering and Hydrology*, v. 3, p. 57–66, 2016. <https://www.semanticscholar.org/paper/Improvement-of-Water-Quality-using-Effective-Wahid-Azman/f7044d207541fd7698cfc37c9d68ab7633a3c837>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

[48] Dondajewska, R. et al. Water quality and phytoplankton structure changes under the influence of effective microorganisms (EM) and barley straw – Lake restoration case study. *Science of The Total Environment*, v.660, p.1355–1366, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.071>.

[49] Nikitin, A. N. et al. Impact of effective microorganisms on the transfer of radioactive cesium into lettuce and barley biomass. *Journal of Environmental Radioactivity*, v.192, p.491–497, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.08.005>.

[50] Talaat, N. B. Effective microorganisms enhance the scavenging capacity of the ascorbate-glutathione cycle in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown in salty soils. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 80, p. 136–143, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.03.035>.

[51] Lamberton, G. Sustainability accounting - A brief history and conceptual framework. *Accounting Forum*, 29(1), p. 7–26, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.accfor.2004.11.001>.

[52] Boff, Leonardo. *Sustentabilidade: O que é: o que não é*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2017. 200 p.

[53] Ribeiro, Helena; Jaime, Patrícia Constante; Ventura, Deisy. Alimentação e sustentabilidade. *Estud. av.*, São Paulo, 31(89), p. 185-198, Apr. 2017.

[54] Paulino, E. T.; Moreira, R. M. O.; Almeida, R. A. Produção Agroecológica para Construção de Autonomias no Campo e na Cidade: Uma Experiência em Três Lagoas-MS e em Londrina-PR. *Associação Brasileira de Agroecologia*, 13(2), p. 1-8, Dez. 2018. <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/2443>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

[55] Figueira, L. M.; Schroth, G.; Monteiro, W. R. Esforços Tecnológicos empregados no combate às queimadas no Brasil. In: *Meio Ambiente em Foco -*

Volume 7. Belo Horizonte: 2019. v. 7 p. 50–57. <https://doi.org/10.5935/978-85-7042-075-6>.

[56] Arraes, R. de A.; Mariano, F. Z.; Simonassi, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 50(1), p. 119–140, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032012000100007>.

[57] Lima, C. L. M. Agricultura Familiar no Cerrado como alternativa frente ao desmatamento no Município de Morrinhos/GO. I Internacional Interdisciplinary Seminar on environment and Society & II Seminário Interdisciplinar em Ambiente e Sociedade. InTech: 2017, p. 233-237. Morrinhos: Universidade Federal de Goiás. <https://www.anais.ueg.br/index.php/sias/article/view/14126/11135>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

[58] Sampaio, E. V. S. B.; Araújo, M. DO S. B.; Sampaio, Y. S. B. Impactos Ambientais Da Agricultura No Processo De Desertificação No Nordeste Do Brasil. *Revista de Geografia*, 22(1), p. 90–112, 2008. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/download/228637/23060>.

[59] Sousa, R. da P. Agroecologia e educação do campo: desafios da institucionalização no Brasil. *Educação e Sociedade*, 38(140), p. 631–648, 2017. <https://doi.org/10.1590/es0101-73302017180924>.

[60] Winckler, S.; Renk, A.; Munarini, A. E. Conflitos socioambientais entre agricultura familiar orgânica e agroecológica e o agronegócio na região oeste de Santa Catarina. *Acta Ambiental Catarinense*, 15(1/2), p. 17–39, 2018. <https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/acta/article/view/4964/2798>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

[61] Tiftonell, P. Assessing resilience and adaptability in agroecological transitions. *Agricultural Systems*, v. 184 April, p. 102862, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102862>.

[62] Gonçalves, L. M. Avaliação de um agroecossistema em transição agroecológica. Tese de Mestrado. Pato Branco: Universidade Tecnológica do Paraná; 2020.

- [63] Ong, T. W. Y.; Liao, W. Agroecological Transitions: A Mathematical Perspective on a Transdisciplinary Problem. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(91) June, p. 1–25, 2020. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00091>.
- [64] Wezel, A. et al. Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(6), 2020. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>.
- [65] Lucantoni, D. Transition to agroecology for improved food security and better living conditions: case study from a family farm in Pinar del Río, Cuba. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 44(9), p. 1124–1161, 2020. <https://doi.org/10.1080/21683565.2020.1766635>.
- [66] Lopes, P. R.; Aaraújo, K. C. S.; Rangel, I. M. L. Sanidade vegetal na perspectiva da transição agroecológica. *Fitos*, 13(2), p. 178–194, 2019. <https://doi.org/10.17648/2446-4775.2019.804>.
- [67] Santos, H. P. et al. Sistemas de manejo e rotação de culturas no rendimento de grãos e nas características agronômicas de trigo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7(3), p. 478–484, 2012. <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i3a1844>.
- [68] Canalli, L. B. DOS S. et al. Production and profitability of crop rotation systems in southern Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, 41(6), p. 2541–2554, 2020. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2541>.
- [69] Mortensen, D. A.; Smith, R. G. Confronting Barriers to Cropping System Diversification. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 4 November, p. 1–10, 2020. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.564197>.
- [70] Bonini Pires, C. A. et al. Diversified crop rotation with no-till changes microbial distribution with depth and enhances activity in a subtropical Oxisol. *European Journal of Soil Science*, 71(6), p. 1173–1187, 2020. <https://doi.org/10.1111/ejss.12981>.
- [71] Beillouin, Damien; Ben-Ari, Tamara; Makowski David. Evidence map of crop diversification strategies at the global scale. *Environmental Research Letters*. France, p. 1-11. 18 nov. 2019. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab4449>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

- [72] Moreira, R. M.; Carmo, M. S. DO. Agroecologia na construção do desenvolvimento rural sustentável. *Agri. São Paulo*, 51(2), p. 37–56, 2004. <http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/asp-2-04-4.pdf>. Acesso em: 24 de fev. 2021.
- [73] Ollivier, G. et al. Agroecological transitions: What can sustainability transition frameworks teach us? An ontological and empirical analysis. *Ecology and Society*, 23(2), p.1-18, 2018. <https://hal.inrae.fr/hal-02622145>. Acesso em: 24 de fev. 2021.
- [74] INPE <http://www.inpe.br/>. Acesso em: 21 de dez. 2020.
- [75] Caporal, F. R. Agroecologia: uma Nova Ciência para Apoiar a Transição a Agriculturas mais sustentáveis. 1.ed. Brasília: MDA/SAF, 2009. v.1. 30 p. ISBN: 978-85-60548-70-5
- [76] Rhijn, P.; Vanderleyden, J. The Rhizobium - Plant Symbiosis. *American Society for Microbiology*, 59(1), p. 124-142, 1995. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC239357/>. Acesso em: 12 de out. 2020.
- [77] Souza, R. de; Ambrosini, A.; Passaglia, L. M. P. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genet. Mol. Biol.*, Ribeirão Preto, 38(4), p.401-419, Dez. 2015. <https://doi.org/10.1590/S1415-475738420150053>.
- [78] Reis, J. A. et al. Lactic Acid Bacteria Antimicrobial Compounds: Characteristics and Applications. *Food Engineering Reviews*, 4(2), p. 124–140, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s12393-012-9051-2>. Acesso em: 12 de out. 2020.
- [79] Daranas, N. et al. Biological control of bacterial plant diseases with *Lactobacillus plantarum* strains selected for their broad-spectrum activity. *Annals of Applied Biology*, 174(1), p. 92–105, 2019. <https://doi.org/10.1111/aab.12476>.
- [80] Laten, H. M. Cytokinins affect spore formation but not cell division in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *BBA - Molecular Cell Research*, 1266(1), p. 45–49, 1995. [https://doi.org/10.1016/0167-4889\(94\)00214-Y](https://doi.org/10.1016/0167-4889(94)00214-Y).
- [81] El-Tohamy, W. A.; El-Greadly, N. H. M. Physiological Responses, Growth, Yield and Quality of Snap Beans in Response to Foliar Application of Yeast, Vitamin E and Zinc under Sandy Soil Conditions. *Australian Journal of Basic*

- and Applied Sciences, 1(3), p. 294–299, 2007. <http://www.ajbasweb.com/old/ajbas/294-299.pdf>. Acesso em: 12 de dez. 2020.
- [82] Ahmed, A. A. et al. Effect of foliar application of active yeast extract and zinc on growth, yield and quality of potato plant (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Applied Sciences Research, 7(12), p. 2479–2488, 2011. https://www.researchgate.net/publication/287721845_Effect_of_foliar_application_of_active_yeast_extract_and_zinc_on_growth_yield_and_quality_of_potato_plant_Solanum_tuberosum_L. Acesso em: 24 de fev. 2021.
- [83] Kang, S. M. et al. Cucumber performance is improved by inoculation with plant growth-promoting microorganisms. Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science, 65(1), p. 36–44, 2015. <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.960889>.
- [84] Gao, J. et al. Influence of *Saccharomyces cerevisiae* on gas exchange and yield attributes in rice under drought conditions. Biological Agriculture and Horticulture, 30(1), p. 52–61, 2014. <https://doi.org/10.1080/01448765.2013.845608>.
- [85] Vinale, F. et al. Trichoderma-plant-pathogen interactions. Soil Biology and Biochemistry, 40(1), p. 1–10, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.002>.
- [86] Vurkonda, S. S. K. P.; Giovanardi, D.; Stefani, E. Plant growth promoting and biocontrol activity of streptomyces spp. As endophytes. International Journal of Molecular Sciences, 19(4), 2018. <https://doi.org/10.3390/ijms19040952>.
- [87] Muthaura C. et al. Effective Microorganisms and their influence on growth and yield of pigweed (*Amaranthus dubians*). ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 5(1), p.17-22, 2010. <https://www.researchgate.net/publication/242587665> Acesso em: 21 de dez. 2020.
- [88] Hurtado, A. C. et al. Effect of different application forms of efficient microorganisms on the agricultural productive of two bean cultivars. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 72(3), p. 8927–8935, 2019. <https://10.15446/rfnam.v72n3.76272>.

- [89] Safdarian, M. et al. Halophile plant growth-promoting rhizobacteria induce salt tolerance traits in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). *Pedosphere*, 30(5), p. 684–693, 2020. [http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160\(19\)60835-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160(19)60835-0).
- [90] Moreira, H. et al. Synergistic effects of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting bacteria benefit maize growth under increasing soil salinity. *Journal of Environmental Management*, v. 257, September 2019, p. 109982, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109982>.
- [91] Talaat, B. N. Effective microorganisms modify protein and polyamine pools in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown under saline conditions. Department of Plant Physiology, Faculty of Agriculture, Cairo University, Giza, Egypt, Abril. 2015. <https://doi.org/10.1007/s10725-014-9952-6>.
- [92] Lawlor, D.W., Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany*, v. 89, p. 871-885, 2002. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf110>.
- [93] Castro, F. A. et al. Relationship between photochemical efficiency (JIP-Test Parameters) and portable chlorophyll meter readings in papaya plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 23(4), p. 295–304, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202011000400007>.
- [94] Ferreira, M. H.; Nobre, D. A. C.; Macedo, W. R. Plant bioregulators on common bean cultivated under two soil moisture. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 19(1), p. 54–63, 2020. <https://doi.org/10.5965/223811711912020054>.
- [95] Pereira, F. H. F. et al. Trocas gasosas, eficiência fotoquímica e potencial osmótico de plantas de tomate submetidas a condições salinas. *PesquisAgro*, 3(1), p. 36–51, 2020. <https://doi.org/10.33912/pagro.v3i1.656>.
- [96] Zaiyou, J., Xiuren, Z., & Jing, T. Photosynthetic and Chlorophyll Fluorescence Characteristics of *Isodon rubescens* (Hemsley) H. Hara. *Scientific Reports*, 10(1), 2020. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-67192-2>.
- [97] Campostrini, E. Fluorescência da clorofila a: considerações teóricas e aplicações práticas. Univ. Estadual do norte Fluminense. Apostila, p. 1–34, 2001.
- [98] Dourado, Emuriela da Rocha. *Microrganismos Eficientes (EM) no tratamento de sementes de milho. Tese de Mestrado em Agroecologia. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2018.*

- [99] Bonfim, F. P. G. et al. Caderno dos microrganismos eficientes (EM): Instruções práticas sobre o uso ecológico e social do EM. Viçosa, MG, 2 ed, 2011. 31p.
- [100] Keswani, C. et al. Unravelling efficient applications of agriculturally important microorganisms for alleviation of induced inter-cellular oxidative stress in crops. *Acta Agriculturae Slovenica*, 114(1), p. 121–130, 2019. <https://doi.org/10.14720/aas.2019.114.1.14>.
- [101] Rani, B. et al. Mitigating the effect of drought stress on yield in wheat (*Triticum aestivum*) using arbuscular mycorrhiza fungi (*Glomus mosseae*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88(12), p. 1903–1908, 2018. <https://www.researchgate.net/publication/325113339>. Acesso em: 22 de dez. 2020.
- [102] Gunturu, D. R. et al. Effective role of microorganisms in livestock development. [s.l.] Elsevier Inc., 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816328-3.00014-3>.
- [103] Ma Y, Vosátka M and Freitas H. Editorial: Beneficial Microbes Alleviate Climatic Stresses in Plants. *Front. Plant Sci*, v. 10 p. 1-2, 2019. 10:595. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00595>.
- [104] Cai, Y. et al. Efficient biodegradation of organic matter using a thermophilic bacterium and development of a cost-effective culture medium for industrial use. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 55(6), p. 686–696, 2020. <https://doi.org/10.1080/10934529.2020.1732173>.
- [105] Aallhverdiyev, S.R. et al. Effective Microorganisms (EM) Technology in plants.. *Technology*, 14(4), p. 103-106, 2011. <https://www.researchgate.net/publication/257229217>. Acesso em: 24 de fev. 2021.
- [106] Khaliq, A., Abbasi, M., & Hussain, T. (2006). Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. *Bioresource Technology*, 97(8), p.967–972, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.05.002>.
- [107] Hussain, T.; Javaid, T.; Parr, J. F.; Jiliani, G. and Haq, M. A. (1999). Rice and wheat production in Pakistan with Effective Microorganisms. *American*

Journal of Alternative Agriculture, 14(1), p. 30-36, out, 2009. <https://www.jstor.org/stable/44503082>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

[108] Hu, C.; Qi, Y. Long-term effective microorganisms application promote growth and increase yields and nutrition of wheat in China. European Journal of Agronomy, v. 46, p. 63–67, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2012.12.003>.

[109] Glick, B. R.. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. Soil Environ, 15 p, 2012. <http://dx.doi.org/10.6064/2012/963401>.

[110] Lananan, F. et al. Symbiotic bioremediation of aquaculture wastewater in reducing ammonia and phosphorusutilizing Effective Microorganism (EM-1) and microalgae (*Chlorella sp.*), International Biodeterioration & Biodegradation, v.95, p.1-8, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.06.013>.

[111] Deiana, M. et al. The antioxidant cocktail effective microorganism X (EM-X) inhibits oxidant-induced interleukin-8 release and the peroxidation of phospholipids in vitro. Biochemical and Biophysical Research Communications, 296(5), p.1148–1151, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0006-291X\(02\)02061-2](https://doi.org/10.1016/S0006-291X(02)02061-2).

[112] Chui, C. et al. Growth inhibitory potential of effective microorganism fermentation extract (EM-X) on cancer cells. International Journal of Molecular Medicine, v.14 p. 925-929, 2004. <https://doi.org/10.3892/ijmm.14.5.925>.

Autores

Denise Cargnelutti¹, Ezequiel Bampi², Gabriela de Melo Santiago¹, Vilson Conrado da Luz¹, Egabrieli Garbin¹, Alfredo Castamann², Altemir José Mossi³

3. Laboratório de Entomologia e Bioquímica, Universidade Federal da Fronteira Sul, RS-135, 200 - Zona Rural, 99700-970, Erechim, Brasil.

4. Laboratório de Solos, Universidade Federal da Fronteira Sul, RS-135, 200 - Zona Rural, 99700-970, Erechim, Brasil.

5. Laboratório de Agroecologia, Universidade Federal da Fronteira Sul, RS-135, 200 - Zona Rural, 99700-970, Erechim, Brasil.

* Autor para correspondência: denicargnelutti@gmail.com