

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA  
SOUZA”**

**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL DE CIDADE TIRADENTES  
Curso Técnico Nível Médio em Farmácia**

**Icaro Moreira Ramalho**

**Iury Moreira Ramalho**

**Kaique Lira dos Santos**

**Laura Silva de Oliveira**

**Paulo Henrique da Silva Veloso**

**FARMÁCIA VIVA: A EFICÁCIA DA AQUAPONIA NO CULTIVO DE  
PLANTAS MEDICINAIS PARA USO TERAPÊUTICO**

**São Paulo**

**2025**

**Icaro Moreira Ramalho**

**Iury Moreira Ramalho**

**Kaique Lira dos Santos**

**Laura Silva de Oliveira**

**Paulo Henrique da Silva Veloso**

**FARMÁCIA VIVA: A EFICÁCIA DA AQUAPONIA NO CULTIVO DE  
PLANTAS MEDICINAIS PARA USO TERAPÊUTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Farmácia da Etec de Cidade Tiradentes, orientado pelo professor Me. Felipe Rafael Guedes dos Santos, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em farmácia.

**São Paulo**

**2025**

## **DEDICATÓRIA**

Dedicamos este trabalho, com todo carinho e gratidão, ao Yan, a Layza e a Juliana, que foram mais do que colegas: foram a base, o impulso e a força que tornaram este projeto possível. Desde o primeiro dia, vocês estiveram presentes com ideias, trabalho, esforço e muita dedicação. Cada etapa vencida, cada desafio superado e cada conquista deste TCC carrega a marca da colaboração de vocês.

Sem o apoio, o comprometimento e a parceria de vocês, este trabalho não teria tomado forma. Essa conquista é, antes de tudo, de vocês também.

Nosso sincero obrigado.

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças à colaboração e apoio de pessoas que estiveram ao nosso lado desde o início, contribuindo de maneira significativa em cada etapa dessa ideia.

Nosso agradecimento mais especial vai para Yan Carlos, Layza Rodrigues e Juliana Del Ângela, verdadeiros pilares. Foram grandes colaboradores e idealizadores desde o começo, participando ativamente de todas as fases do projeto. Sem o esforço, a dedicação e o comprometimento de vocês, nada disso teria sido possível. Este TCC carrega muito do que vocês construíram com a gente.

Agradecemos também ao professor Felipe, nosso orientador, pela disponibilidade, orientações técnicas e apoio constante ao longo do desenvolvimento.

À professora Madalena, que nos acompanhou desde o pré-TCC, oferecendo incentivo e apresentando a ideia inicial que guiou nosso projeto: a criação de um protótipo de Farmácia Viva.

À professora Danielle, que teve papel fundamental ao nos instruir tecnicamente, orientando com atenção e cedendo a nós a placa de cromatografia em camada delgada, essencial para as análises que realizamos. Seu apoio foi decisivo para os resultados do nosso trabalho.

Estendemos nossa gratidão ao Osnir, Clederson, David, Sheila, Marcos e a toda a direção e coordenação da ETEC, por trabalharem em conjunto conosco e viabilizarem a execução deste trabalho dentro da escola.

À equipe de limpeza da ETEC, que nos auxiliou de forma prática e forneceu diversos materiais úteis ao projeto, demonstrando grande disposição e parceria.

Ao depósito de materiais de construção Regina, pelo fornecimento da maior parte dos itens utilizados, viabilizando a construção do nosso sistema com qualidade e eficiência.

Ao senhor José Luiz, pelo fornecimento dos peixes que integraram o sistema aquapônico.

E aos vigilantes da ETEC, pelo apoio cotidiano e pela atenção com a segurança de nosso espaço de trabalho.

A todos, nosso sincero e profundo agradecimento.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar e propor técnicas alternativas e sustentáveis de cultivo para a produção de insumos fitoterápicos, com ênfase na utilização de um sistema aquapônico. O cultivo doméstico, apesar de ser uma prática enraizada na cultura brasileira, enfrenta problemas como o desperdício excessivo de água, um recurso natural escasso. A hidroponia é apresentada como solução para minimizar esse desperdício, promovendo o cultivo eficiente de plantas com menor consumo de água e sem a utilização de agrotóxicos. A pesquisa focou no cultivo de *Thymus vulgaris* (tomilho) utilizando um sistema aquapônico, no qual os resíduos dos peixes (tilápias) serviram como fonte de nutrientes para as plantas. As análises foram realizadas a partir da extração dos óleos essenciais das mudas, por meio de um extrator Soxhlet com hexano como solvente, e posterior identificação dos compostos por cromatografia em camada delgada (CCD). O estudo também investigou a eficiência desse sistema em comparação com o cultivo convencional, destacando a redução do uso de fertilizantes químicos, a menor emissão de resíduos poluentes e o potencial de crescimento mais rápido e saudável das plantas. Os resultados indicaram que as mudas cultivadas em aquaponia apresentaram maior biomassa, coloração mais viva e desenvolvimento radicular mais eficiente. No entanto, a análise fitoquímica revelou uma menor concentração de metabólitos secundários com potencial terapêutico, como o timol e o carvacrol, nas plantas cultivadas nesse sistema. Isso sugere que, embora promissor, o cultivo aquapônico pode não ser o mais adequado, em sua forma atual, para a produção de fitoterápicos com alta concentração de compostos bioativos. Dessa forma, o estudo conclui que o modelo mais indicado seria um sistema híbrido, no qual as plantas medicinais sejam cultivadas em solo, mas irrigadas com a água rica em nutrientes do sistema aquapônico, favorecendo a adaptação e o aumento da produção dos princípios ativos. Ainda assim, a aquaponia se mostrou eficiente para fins alimentares e representa uma alternativa produtiva sustentável que pode ser integrada à Farmácia Viva, promovendo o uso racional de recursos e a diversificação das práticas terapêuticas naturais.

**Palavras-chave:** Farmácia Viva. Sustentabilidade. Aquaponia. Tomilho. Fitoterápicos. Cromatografia.

## ABSTRACT

This study aims to analyze and propose alternative and sustainable cultivation techniques for the production of herbais inputs, with an emphasis on the use of an aquaponic system. Although domestic cultivation is a deeply rooted practice in Brazilian culture, it faces challenges such as excessive water waste, a scarce natural resource. Hydroponics is presented as a solution to minimize this waste, promoting efficient plant cultivation with lower water consumption and no use of pesticides. The research focused on the cultivation of *Thymus vulgaris* (thyme) using an aquaponic system, in which fish waste (tilapia) served as a source of nutrients for the plants. The analyses were conducted through the extraction of essential oils from the seedlings using a Soxhlet extractor with hexane as the solvent, followed by compound identification through thin-layer chromatography (TLC). The study also evaluated the efficiency of this system in comparison with conventional cultivation, highlighting the reduced use of chemical fertilizers, lower emission of polluting residues, and the potential for faster and healthier plant growth. The results indicated that the aquaponically grown seedlings exhibited greater biomass, more vivid coloration, and more efficient root development. However, the phytochemical analysis revealed a lower concentration of secondary metabolites with therapeutic potential, such as thymol and carvacrol, in plants grown in this system. This suggests that, although promising, the aquaponic system may not yet be the most suitable for producing herbal medicines with high concentrations of bioactive compounds. Therefore, the study concludes that the most appropriate model would be a hybrid system, in which medicinal plants are grown in soil but irrigated with nutrient-rich water from the aquaponic system, enhancing plant adaptation and increasing the production of active compounds. Nevertheless, aquaponics proved to be efficient for food production and represents a sustainable productive alternative that can be integrated into the Farmácia Viva (Living Pharmacy) initiative, promoting the rational use of resources and the diversification of natural therapeutic practices.

**Keywords:** Farmácia Viva. Sustainability. Aquaponics. Thyme. Herbal Medicine. Chromatography.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de aquaponia.....	22
Figura 2 – Sistema de aquaponia: (a) tubulação; (b) proteção contra mosquitos ....	23
Figura 3 – Filtro caseiro utilizado no sistema: (a) vista lateral do filtro; (b) vista superior do perflon .....	24
Figura 4 – Tilápias no aquário .....	24
Figura 5 – Tilápias na caixa d'água.....	25
Figura 6 – Tomilho cultivado em sistema aquapônico: (a) muda 1; (b) muda 2.....	26
Figura 7 - Tomilho cultivado em solo .....	26
Figura 8 – Mudanças de tomilho coletadas: (a) cultivo em solo; (b) cultivo em aquaponia .....	27
Figura 9 – Extração do óleo essencial do tomilho a partir do aparato Soxhlet: (a) amostra cultivada em aquaponia; (b) amostra cultivada em solo.....	28
Figura 10 – Placas de CCD após o processo de arraste: (a) placa 1; (b) placa 2 e 3 .....	32
Figura 11 – Placas de CCD submetidas a luz UV após o arraste: (a) placa 1; (b) placa 2 e 3. ....	32
Figura 12 - Placas de CCD submetidas ao vapor de iodo após o arraste: (a) placa 1; (b) placa 3 e 2. ....	33
Figura 13 – Placas de CCD sob luz UV .....	32

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Fitoterapia .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Tomilho.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3</b>	<b>Farmácia viva.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4</b>	<b>Uso racional de medicamentos .....</b>	<b>14</b>
<b>2.5</b>	<b>Impactos da agricultura convencional.....</b>	<b>15</b>
<b>2.6</b>	<b>Crise hídrica.....</b>	<b>16</b>
<b>2.7</b>	<b>Tilápias .....</b>	<b>16</b>
<b>2.8</b>	<b>Aquaponia.....</b>	<b>17</b>
<b>2.9</b>	<b>Cromatografia .....</b>	<b>18</b>
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>21</b>
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>22</b>
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>31</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Farmácia Viva é uma iniciativa do Ministério da Saúde do Brasil que busca integrar o uso racional de plantas medicinais aos princípios da sustentabilidade, promovendo o acesso seguro e gratuito a terapias fitoterápicas no Sistema Único de Saúde (SUS). Segundo Lima *et al.* (2017), o programa visa “empregar plantas medicinais e seus derivados de maneira racional, equilibrada e sustentável, ao mesmo tempo em que promove a saúde de uma maneira intrinsecamente conectada ao mundo natural”. A proposta envolve todas as etapas de produção, desde o cultivo até a dispensação de preparações magistrais e officinais (BRASIL, 2010). Nesse contexto, é fundamental pensar em métodos de cultivo que aliem eficiência e baixo impacto ambiental, especialmente frente aos desafios hídricos enfrentados no Brasil e no mundo (CASTRO, 2023).

A água é um recurso natural essencial à manutenção dos ciclos biogeoquímicos e à sobrevivência dos ecossistemas (REIS *et al.*, 2021). Nas atividades humanas, tanto urbanas quanto rurais, ela é fundamental para o abastecimento, geração de energia e agropecuária (VENTAPANE; SANTOS, 2021). Sua utilização envolve a retirada da natureza, sendo que parte retorna ao ambiente, exceto a parcela consumida diretamente, como no uso humano (GOELLNER, 2015).

Apesar de sua aparente abundância, cerca de 97% da água do planeta é salgada e imprópria para consumo (KILIÇ; ANAÇ, 2012). Dos 3% de água doce disponíveis, a maior parte encontra-se em geleiras, aquíferos ou na forma de vapor, o que dificulta seu uso imediato (REIS *et al.*, 2021). Isso torna a água doce acessível um recurso estratégico, exigindo uma gestão eficiente e consciente.

Em 2022, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) estimou que o Brasil retirou 64,18 trilhões de litros de água no ano, o equivalente a 2.035,2 m<sup>3</sup>/s. Mais da metade desse volume foi destinado à agricultura (ANA, 2022), evidenciando a necessidade de métodos alternativos de cultivo que minimizem o desgaste excessivo dos recursos hídricos. Além do consumo elevado de água, práticas agrícolas convencionais fazem uso intenso de fertilizantes químicos e agrotóxicos, que contaminam o solo e os lençóis freáticos, promovendo impactos ambientais negativos e limitando o uso seguro da água (PEREIRA *et al.*, 2022).

A agropecuária representa aproximadamente 25% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (CEPEA/CNA), demonstrando sua importância econômica. No entanto, o desafio atual é equilibrar essa relevância com a sustentabilidade ambiental (SAMBUICHI *et al.*, 2012). Uma alternativa possível é a adoção de sistemas produtivos mais eficientes e ecológicos, como a aquaponia (MAGALHÃES *et al.*, 2022).

A aquaponia combina a criação de peixes (psicultura) com o cultivo de plantas sem solo (hidroponia), em um sistema fechado e integrado (QUEIROZ *et al.*, 2024). Essa técnica promove um ambiente nutritivo e eficiente para o desenvolvimento vegetal, reduzindo em até 90% o uso de água em comparação aos métodos tradicionais, além de eliminar a necessidade de fertilizantes químicos e agrotóxicos (SANTOS *et al.*, 2021). Também permite um maior controle sobre pragas e doenças, já que dispensa o uso de solo principal meio de disseminação de microrganismos patogênicos (VIEIRA *et al.*, 2023).

Paralelamente, observa-se uma crescente valorização das plantas medicinais especialmente no cultivo doméstico, que apesar de sua escala reduzida, pode contribuir para o desperdício hídrico quando feito sem conhecimento técnico (UEKUBO, 2024). Os chamados “fitoterápicos” são largamente cultivados por suas propriedades terapêuticas, sendo utilizados principalmente em forma de chás ou extratos naturais (TOMAZZONI *et al.*, 2006).

Segunda a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2022), insumos fitoterápicos são substâncias extraídas de plantas medicinais com efeitos profiláticos, curativos ou paliativos. Diversas pesquisas destacam o valor terapêutico dessas plantas, sendo que mais de 50% dos medicamentos aprovados entre 1981 e 2006 pela Food and Drug Administration (FDA) foram direta ou indiretamente derivados de produtos naturais (PINTO; FERREIRA, 2010). Historicamente, o uso de plantas medicinais remonta a milênios e foi a base da medicina tradicional em diversas culturas (CHEROBIN *et al.*, 2022). Mesmo com o advento dos medicamentos sintéticos, muitas dessas substâncias continuam derivadas de compostos vegetais. Plantas como camomila, boldo, tomilho e erva-cidreira permanecem entre as mais utilizadas (VENTURA *et al.*, 2016).

Apesar do crescente interesse em práticas sustentáveis e na valorização das plantas medicinais, ainda são escassas as pesquisas que investigam o cultivo de

espécies fitoterápicas em sistemas aquapônicos, especialmente no contexto da Farmácia Viva. Essa lacuna evidencia a necessidade de estudos que avaliem a viabilidade técnica, ambiental e terapêutica desse modelo produtivo, contribuindo para a ampliação da base científica que sustenta a fitoterapia no Brasil.

Para regulamentar e incentivar esse uso racional, o Ministério da Saúde criou, em 2009, a Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (RENISUS), que atualmente lista 71 espécies com potencial terapêutico. A inclusão de novas espécies nessa lista é fundamental para ampliar o acesso a tratamentos naturais e promover o desenvolvimento da fitoterapia no Brasil (BRASIL, 2009).

Assim, este trabalho busca investigar a viabilidade do cultivo de *Thymus vulgaris* (tomilho) em sistema aquapônico, com enfoque na eficiência do uso de recursos naturais e na contribuição para a produção de insumos fitoterápicos de qualidade. A proposta visa unir ciência, saúde e sustentabilidade em uma abordagem inovadora e coerente com os desafios ambientais atuais. Nesse contexto, o projeto se alinha aos princípios da Farmácia Viva, iniciativa do Ministério da Saúde que “realiza todas as etapas necessárias para produção de preparações magistrais e oficinais de plantas medicinais e fitoterápicos, desde o cultivo, a coleta, o processamento, o armazenamento de plantas medicinais, a manipulação e a dispensação” (BRASIL, 2010), promovendo o acesso seguro e sustentável a terapias baseadas em plantas medicinais no âmbito do SUS.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Fitoterapia

Conforme define a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterapia, a fitoterapia consiste na utilização de “plantas medicinais e seus derivados na prevenção e tratamento de doenças” (CUNHA *et al.*, 2003). No Brasil, por sua vez, este tipo de tratamento se faz presente desde os tempos dos povos originários que utilizavam dos materiais encontrados na flora local para a cura dos membros viventes nas comunidades indígenas (SANTOS *et al.*, 2016). Desde então, os estudos sobre esta prática vêm evoluindo e ganhando espaço dentro da indústria farmacêutica, representando um mercado internacional e uma potência na medicina (SILVA; GABRIELLA, 2022).

A fitoterapia é contemplada pelo Sistema Único de Saúde através da política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos - (PNPM) e pela resolução de nº. 5.813, de 22 de junho de 2006 que criou a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC).

### 2.2 Tomilho

O tomilho (*Thymus vulgaris* L.), pertencente à família Lamiaceae, é amplamente cultivado em diversos países de clima temperado e subtropical, sendo utilizado tanto na culinária quanto na medicina tradicional (MARCHETTI *et al.*, 2004). Originário da região do Mediterrâneo, a planta foi adotada em diversas partes do mundo, inclusive no Brasil, sendo alvo de intensos estudos fitoquímicos, farmacológicos e agrônômicos, devido às suas amplas propriedades terapêuticas e aromáticas, além da sua composição rica em timol, carvacrol e da sua adaptabilidade a diferentes condições cultivo (SOUZA *et al.*, 2013; BARBOSA *et al.*, 2006).

O *T. vulgaris* é um subarbusto de pequeno porte, com 20 a 40 cm de altura, ramos lenhosos na base e ramos jovens pubescentes. As folhas são pequenas, opostas, lanceoladas, com margens enroladas para dentro, de coloração verde-acinzentada e muito aromáticas, devido à presença de glândulas secretoras de óleo essencial. Apresenta raízes do tipo fasciculadas, curtas e bem ramificadas

(CLEMENTE, 2010). As flores são pequenas, hermafroditas, de coloração rosada a lilás, reunidas em inflorescências do tipo glomérulo terminal. A corola é bilabiada, sendo o lábio inferior trilobado e o superior inteiro, característica marcante da família Lamiaceae. O cálice é tubular e piloso. Essas flores são ricas em néctar e aroma, desempenhando importante papel na atração de polinizadores, como abelhas, e são fontes secundárias de óleos essenciais (BARBOSA *et al.*, 2006).

O fruto é um tetranúcula, ou seja, um esquizocarpo que se divide em quatro pequenas núculas secas e indeiscentes, cada uma contendo uma semente. A frutificação ocorre geralmente no final da primavera, e embora a planta possa ser propagada por sementes, a reprodução mais eficiente em cultivo é feita por estaquia de ramos jovens (CLEMENTE, 2010).

De acordo com a Farmacopeia Brasileira (2010), a principal forma de uso medicinal do tomilho é o óleo essencial, extraído especialmente das folhas, com composição variável conforme clima, solo, parte utilizada e métodos de extração. Segundo Porte e Godoy (2008), em amostras coletadas no Estado do Rio de Janeiro, o timol é o componente majoritário, com teor de 44,7 %, seguido por p-cimeno (18,6 %), gama-terpineno (16,5 %) e carvacrol (2,4 %).

Além dos compostos que apresentam maior concentração, o óleo essencial do tomilho apresenta uma variedade de metabólitos secundários que possuem propriedades terapêuticas relevantes para a medicina (PEREIRA; OLIVEIRA, 2018). Entre eles, se destacam o linalol, solúvel em solventes orgânicos como etanol e éter, que possui ação calmante e analgésica; o geraniol, solúvel em solventes orgânicos comuns, que possui atividade antifúngica e é utilizado na indústria cosmética; o 1,8-cineol (eucaliptol), solúvel em etanol, que é conhecido por suas propriedades expectorantes e anti-inflamatórias; e o  $\alpha$ -pineno, solúvel em óleo e etanol, um monoterpeno com ação broncodilatadora e antimicrobiana (DIVERSITAS, 2022).

Segundo Silva, Mara e Silva, Maria (1999), o tomilho também possui uma grande quantidade de taninos, substâncias solúveis em água que são responsáveis pela adstringência da planta, e ácidos fenólicos, como o ácido rosmarínico e o ácido cafeico, que desempenham atividades anti-inflamatória, hepatoprotetora e antimicrobiana.

Além disso, estudos mais recentes reforçam a ação do timol e do carvacrol, compostos fenólicos solúveis em etanol, éter, clorofórmio, porém pouco solúveis em água. Ambos desempenham uma forte atividade antimicrobiana e antioxidante. A pesquisa de Santos *et al.* (2012) mostrou eficácia contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, e *Diversitas Journal* (2022) destacou a capacidade do óleo em danificar membranas celulares bacterianas.

O uso do óleo essencial do tomilho, rico em carvacrol e principalmente em timol, tem sido explorado como conservante natural na indústria alimentícia, e seu potencial como inseticida também tem sido apontado (*DIVERSITAS JOURNAL*, 2022).

O timol (5-metil-2-isopropilfenol) é um monoterpeneo fenólico com fórmula molecular  $C_{10}H_{14}O$ , presente principalmente no óleo essencial do tomilho e, em menores proporções, no orégano e no ajowan. Trata-se de um sólido cristalino branco, com odor pungente e herbáceo, apresenta ponto de fusão entre 51e52 °C e ebulição a cerca de 232 °C (MARCHESE *et al.*, 2016).

Entre suas principais atividades farmacológicas, destacam-se: Ação antisséptica, por desestabilização da membrana celular bacteriana e alteração da permeabilidade; atividade antifúngica, por inibição da biossíntese de ergosterol; potencial antioxidante, por neutralização de radicais livres e estabilização de membranas celulares; ação anti-inflamatória, por inibição da síntese de prostaglandinas; efeito anestésico, por bloqueio de canais iônicos, o que promove alívio da dor; e atividade antiparasitária, sendo eficaz contra protozoários e helmintos (MARCHESE *et al.*, 2016; SOUZA *et al.*, 2013).

Segundo Clemente (2010), o tomilho possui ações espasmo lítica, expectorante, antisséptica, anti-inflamatória e digestiva, sendo empregado no tratamento de tosses, bronquites, cólicas e disfunções gastrointestinais. Com isso, devido ao seu rico perfil fitoquímico e versatilidade terapêutica, o *T. vulgaris* se destaca atuando nas áreas de fitoterapia, cosméticos, farmacologia.

Contudo, seu uso deve ser cauteloso, pois doses elevadas podem causar irritação gástrica, cefaleia e efeitos hepatotóxicos. Entretanto, quando um extrato de tomilho é corretamente formulado, com o devido equilíbrio entre seus diversos compostos, os efeitos tóxicos associados ao excesso de timol podem ser minimizados. Por essa razão, o uso tradicional e racional de plantas medicinais

considera o fitocomplexo, ou seja, o conjunto de substâncias presentes em uma planta, e não apenas um princípio ativo isolado (*DIVERSITAS JOURNAL*, 2022).

Assim, o tomilho se consolida como uma planta medicinal de grande relevância científica e terapêutica.

### **2.3 Farmácia viva**

A Farmácia Viva é uma alternativa terapêutica que oferece tratamentos a partir do uso de plantas medicinais. Por definição, trata-se de um estabelecimento destinado ao processamento, armazenamento, manipulação e dispensação dessas plantas. Essa forma de medicina alternativa é fundamental para a promoção e geração de conhecimentos sobre os fitoterápicos. Isso é especialmente relevante considerando que mais de 80% da população recorre exclusivamente à medicina tradicional para tratamentos alopáticos e profiláticos, mesmo que mais de 85% dos medicamentos tenham origem vegetal ou de derivados sintéticos que imitam moléculas naturais.

Uma das pioneiras da farmácia viva no Brasil foi a pesquisadora Terezinha de Jesus Almeida Silva Rêgo (1933-2024) que dedicou mais de 50 anos de sua vida ao estudo de plantas medicinais, também criou um projeto de extensão voltado para a Fitoterapia no Herbário Ático Seabra, local que abriga o registro de cerca de 11 mil espécies representativas da flora maranhense. Suas pesquisas com plantas medicinais resultaram, por exemplo, no desenvolvimento de três medicamentos utilizados.

### **2.4 Uso racional de medicamentos**

O uso racional de medicamentos foi definido pela Organização Mundial da Saúde (OMS), em 1985, como a situação em que “os pacientes recebem medicamentos adequados às suas necessidades clínicas, em doses que atendam às suas necessidades individuais, por um período de tempo adequado e ao menor custo para eles e sua comunidade”, corroborando, com a Política Nacional de Medicamentos (PNM), a Política Nacional de Assistência Farmacêutica (PNAF) e Política Nacional de Promoção da Saúde (PNPS). Essa temática vem ganhando

destaque ao longo dos anos, tanto na agenda nacional, quanto na internacional (ANATEL, 2024).

## 2.5 Impactos da agricultura convencional

A agricultura convencional, consolidada a partir da Revolução Verde (1960), caracteriza-se pelo uso intensivo de monoculturas, mecanização, fertilizantes químicos e agrotóxicos. Embora tenha elevado a produtividade, esse sistema implica em graves impactos ambientais, como a erosão do solo, perda de matéria orgânica e biodiversidade reduzida. A intensa mobilização do solo agrava sua fragilidade física e contribui para ciclos de degradação (ROSSET *et al.*, 2014).

O uso excessivo de fertilizantes nitrogenados e pesticidas causa lixiviação de nitratos e contaminação de corpos hídricos, promovendo eutrofização e riscos à saúde humana e aos ecossistemas aquáticos (GUELFFI, D., 2017). Além disso, a elevada dependência de combustíveis fósseis, tanto para produção de insumos quanto para operação de máquinas, gera emissão significativa de gases do efeito estufa e partículas finas, comprometendo a qualidade do ar e a saúde dos trabalhadores (ALMEIDA *et al.*, 2012).

Apesar desses impactos, muitos agricultores familiares permanecem com o modelo convencional devido ao apoio de políticas que facilitam o acesso ao crédito rural e assistência técnica voltada para insumos químicos (STOTZ, 2012). Essa dependência estrutural limita a adoção de práticas agroecológicas, conforme apontado por Altieri e Nicholls (2000), que mostram como a agroecologia promove a resiliência do sistema por meio da diversificação das culturas e redução de insumos externos.

Para promover a transição sustentável, Almeida *et al.* (2012, p. 20) defendem o uso de indicadores ambientais — como níveis de nitrato no solo, turbidez da água, resíduos de pesticidas e índices de biodiversidade — para monitorar os impactos e direcionar políticas públicas com protagonismo dos agricultores. Estudos comparativos de sistemas agroecológicos mostram que práticas como rotação de culturas, policultura e manejo integrado reduzem significativamente esses impactos e aumentam a eficiência do uso de recursos (Altieri & Nicholls, 2000; Shennan *et al.*, 2017).

## 2.6 Crise hídrica

A crise hídrica é um termo utilizado para descrever a escassez de água de determinada região, pode haver diversas causas, mas entre as principais temos: geração de energia, grandes indústrias, abastecimento doméstico, falhas estruturais e outros (FRANZINI *et al.*, 2021) A Inóxia hídrica é um dos assuntos mais relevantes e preocupantes da atualidade, a estimativa segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) é que até 2040 as bacias hidrográficas brasileiras diminuirão em 40%, isso aliado ao crescimento populacional e a ampliação em larga escala das indústrias que se prenuncia uma grande crise no abastecimento das populações (FRANZINI *et al.*, 2021). Entretanto essa problemática já vem sendo discutida pelos países membros da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) desde 2015 através do Objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS) 6, que tem como principal tema: Água limpa e saneamento, onde uma das metas a ser alcançada mundialmente é de “Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.” (IPEA., 2019).

## 2.7 Tilápias

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma das espécies de peixes de água doce mais cultivadas no mundo, especialmente em países tropicais e subtropicais. Originária da África, essa espécie ganhou destaque por sua capacidade de adaptação a diferentes ambientes, crescimento rápido rusticidade e facilidade de reprodução em cativeiro. Existem diferentes tipos de tilápia, como a Tilápia do Nilo e a Tilápia vermelha. Este peixe é altamente valorizado por suas qualidades nutricionais, sendo rico em proteínas, ácidos graxos ômega-3, vitaminas e minerais, como selênio e fósforo. Além disso, a tilápia se adapta facilmente a diferentes ambientes e cresce rapidamente, o que a torna ideal para a aquicultura. É uma fonte popular de frutos do mar devido aos seus benefícios à saúde e versatilidade na culinária (COSTA, ALAN, 2021).

## 2.8 Aquaponia

A aquaponia é um sistema integrado que combina a aquicultura com a hidroponia, promovendo a produção simultânea de peixes e vegetais em um ambiente fechado, onde os resíduos metabólicos dos peixes são aproveitados como nutrientes para as plantas, formando um ciclo sustentável e de baixo impacto ambiental (NASCIMENTO, P., 2021). Nesse sistema, os resíduos nitrogenados são transformados por bactérias nitrificantes em formas favoráveis para as plantas, que por sua vez realizam a filtragem natural da água, devolvendo-a aos tanques de cultivo em condições adequadas para os peixes, caracterizando um processo de reciclagem contínua e ecológica (OLIVEIRA, S. M., 2021).

O uso eficiente da água na aquaponia se destaca como um dos principais diferenciais em relação à agricultura tradicional, podendo alcançar até 90 % de economia hídrica (EMBRAPA, 2015). Esse desempenho é viabilizado graças à recirculação contínua da água entre os tanques de peixes e os leitos de cultivo, que utilizam os nutrientes excretados para alimentar as plantas, reduzindo perdas por drenagem e evaporação. Além disso, a eficiência da utilização de nutrientes é potencializada pela ação de bactérias nitrificantes, que convertem amônia em nitrato, tornando o nitrogênio disponibilizado para absorção vegetal, além de manterem a água com parâmetros seguros para os peixes. A diversidade microbiana dos biofiltros — especialmente bactérias dos filos *Proteobacteria* e *Bacteroidetes* — é fundamental tanto para a ciclagem de nutrientes quanto para o equilíbrio geral do sistema (KASOZI *et al.*, 2020). Sendo assim, a integração entre piscicultura e cultivo vegetal permite uma produção de alimentos mais limpa, reduzindo o uso de insumos químicos e o descarte de efluentes, sendo uma alternativa promissora para o futuro da agricultura urbana e da segurança alimentar.

A aquaponia é uma alternativa promissora para a produção sustentável de plantas medicinais. Estudos demonstram que plantas como *Centella asiatica* têm melhor desempenho em aquaponia do que no solo convencional, com maiores teores de compostos antioxidantes. Além disso, pesquisa conduzida por Gott *et al.* (2019) aponta que sistemas aquapônicos podem manter ou até elevar os níveis de fitoquímicos em ervas medicinais, possibilitando colheitas contínuas e ambientalmente responsáveis.

O cultivo de *Thymus vulgaris* em aquaponia apresentou produtividade e biomassa similares à hidroponia tradicional, reforçando seu potencial em sistemas alternativos (GODDEK *et al.*, 2019). Estudos mostram que a integração do cultivo de tomilho com criação de tilápia pode ser técnica e economicamente viável (YILDIRIM *et al.*, 2021).

A integração da aquaponia a políticas públicas pode fortalecer sistemas urbanos de saúde, com produção local de plantas medicinais livres de contaminantes e com menor uso de insumos químicos. Revisões como a de Yep & Zheng (2019) defendem a inserção desses sistemas em programas de agricultura sustentável, geração de renda e segurança alimentar, sendo também compatíveis com diretrizes de saúde e sustentabilidade.

Apesar da produtividade, poucos estudos avaliam detalhadamente o perfil dos metabólitos secundários em plantas medicinais cultivadas em aquaponia (SAVIDOV & LEUNG, 2019). Também falta pesquisa sobre o impacto dos parâmetros do sistema, como pH e nutrientes, na qualidade fitoquímica (RAKOCY *et al.*, 2006).

## 2.9 Cromatografia

Em grego, "cromatografia" é derivada de "*χρώμα*" (*chrōma*), que significa "cor", e "*γραφειν*" (*grafein*), que significa "escrever" ou "grafia". A palavra "cromatografia" é, portanto, uma combinação que se traduz literalmente como "escrever com cores" ou "grafia colorida" (CHERIYEDATH, 2016).

O objetivo da cromatografia é separar individualmente os diversos constituintes de uma mistura de substâncias seja para identificação, quantificação ou obtenção da substância pura para os mais diversos fins. Tal separação se dá através da migração da amostra através de uma fase estacionária por intermédio de um fluido (fase móvel). Após a introdução da amostra no sistema cromatográfico, os componentes da amostra se distribuem entre as duas fases e viajam mais lentamente que a fase móvel devido ao efeito retardante da fase estacionária. O equilíbrio de distribuição dos componentes entre as duas fases determina a velocidade com a qual cada componente migra através do sistema (UFJF, 2018).

A cromatografia em camada delgada (CCD) é uma técnica cromatográfica amplamente utilizada para análise qualitativa de substâncias, especialmente em áreas como a farmacognosia, o controle de qualidade de fitoterápicos e a química analítica. Nessa técnica, a fase estacionária consiste em uma fina camada adsorvente, geralmente sílica gel ou alumina, fixada sobre uma placa de vidro, alumínio ou plástico. A separação dos compostos ocorre à medida que a fase móvel (um solvente ou mistura de solventes) sobe por capilaridade pela placa, promovendo diferentes interações entre os componentes da amostra e a fase estacionária (FERREIRA *et al.*, 2016).

A CCD é valorizada por ser de baixo custo, simples, rápida e eficaz, permitindo a visualização direta dos compostos separados através de agentes reveladores, como a luz UV. Essa técnica é especialmente útil na identificação de compostos bioativos em extratos vegetais, sendo também aplicada no controle de pureza, monitoramento de reações químicas e desenvolvimento de formulações farmacêuticas (CUNHA *et al.*, 2020).

A relevância da CCD no contexto farmacêutico está relacionada à sua capacidade de fornecer informações rápidas e confiáveis sobre a composição de substâncias naturais e sintéticas, com destaque para sua aplicação em programas como a Farmácia Viva, que requerem controle de qualidade rigoroso e acessível. (OLIVEIRA *et al.*, 2017). No contexto das plantas medicinais, como o *Thymus vulgaris*, essa metodologia é fundamental para a caracterização fitoquímica e controle de qualidade de seus constituintes ativos (SILVA *et al.*, 2018).

O *Thymus vulgaris* é uma planta medicinal conhecida por seu alto teor de compostos fenólicos e terpenoides, como timol e carvacrol, que apresentam propriedades antimicrobianas, antioxidantes e anti-inflamatórias. A aplicação da CCD permite a visualização rápida e eficiente desses compostos, especialmente quando combinada com reagentes reveladores específicos, como o ácido sulfúrico anisaldeído ou vanilina (SANTOS *et al.*, 2020).

Estudos recentes confirmam a eficácia da CCD na análise fitoquímica de extratos etanólicos e hidroalcoólicos de *Thymus vulgaris*. Em pesquisa realizada por Oliveira *et al.* (2021), a CCD foi empregada com sucesso para detectar a presença de flavonoides e compostos fenólicos nos extratos, utilizando diferentes fases móveis e reagentes de revelação, confirmando a versatilidade da técnica. Resultados

semelhantes foram obtidos por Lima e Ferreira (2019), que também destacaram a capacidade da CCD em monitorar a qualidade de fitoterápicos contendo tomilho como princípio ativo.

### 3. OBJETIVO

Avaliar a viabilidade e eficiência do sistema aquapônico para a produção de *Thymus vulgaris* no contexto da farmácia viva, considerando aspectos fitoquímicos, ambientais e terapêuticos.

#### 3.1 Objetivos específicos

- Analisar o crescimento e desenvolvimento do *Thymus vulgaris* no sistema aquapônico;
- Avaliar a qualidade química das plantas produzidas em aquaponia, com foco nos compostos bioativos relevantes para a farmácia viva;
- Avaliar a sustentabilidade ambiental do cultivo aquapônico em relação a métodos convencionais;
- Utilizar o sistema como método de comparação entre o desempenho de plantas cultivadas em sistemas aquapônicos e aquelas cultivadas em meios tradicionais;
- Estudar a possibilidade de inserção do *Thymus vulgaris* na RENISUS, examinando os critérios exigidos pelo Ministério da Saúde, revisando evidências científicas de eficácia e segurança, e discutindo o impacto da produção aquapônica nessa inclusão.

#### 4. METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto de produção de insumos fitoterápicos seguiu uma série de etapas planejadas para garantir a eficiência do cultivo e da extração dos óleos essenciais. Inicialmente, foi realizada uma análise de viabilidade, que envolveu reuniões com o orientador para avaliar aspectos técnicos, financeiros e o tempo disponível. Com base nessa análise, foi feito um levantamento bibliográfico e prático para entender os conceitos e métodos relacionados ao cultivo de plantas e extração de óleos essenciais.

A execução do trabalho foi feita conforme o planejamento técnico, que incluiu a aquisição de materiais como bomba d'água, encanamento, mudas de tomilho, peixes, ração, caixa d'água de 310 litros e termostato para controle da temperatura da água. Cada etapa do processo foi documentada para garantir a possibilidade de ajustes.

Como primeira etapa, foi preparado o encanamento onde a água nutrida circularia e banharia as radículas das plantas, que seriam distribuídas pelos canos através de pequenas aberturas feitas com o auxílio de uma serra-copo.

Figura 1 – Sistema de aquaponia



Fonte – Elaborado pelos autores (2024).

Para a criação do sistema de piscicultura, inicialmente foi realizada a limpeza do tanque e, em seguida, com o auxílio de uma serra-copo, foram feitos furos circulares na tampa da caixa d'água, com o objetivo de favorecer a entrada de luz natural para os peixes e permitir a conexão do encanamento exterior ao reservatório, formando um circuito fechado de recirculação.

Cada furo foi devidamente coberto com uma tela de proteção fina do tipo mosquiteiro, com a finalidade de impedir a entrada de insetos, como mosquitos, evitando possíveis contaminações no interior do tanque. As telas foram fixadas com grampos, de modo a manter a funcionalidade do sistema e garantir a segurança biológica sem comprometer o retorno da água ao reservatório.

Figura 2 – Sistema de aquaponia: (a) tubulação; (b) proteção contra mosquitos



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Foi instalado um filtro feito pelo grupo para a impedir que haja qualquer interferente físico, o que mantém a água limpa e saudável para os peixes. O filtro foi suspenso no furo central localizado na tampa da caixa d'água, preso com abraçadeiras de nylon. Para a criação do filtro, foi utilizado um galão de 5L devidamente limpo, com um furo na tampa e outro na parte de cima do recipiente para que a água filtrada possa retornar ao sistema. O filtro composto por algumas camadas de argila expandida, carvão ativado e perflon, cumpre a sua função de reter quaisquer

resíduos de maneira eficiente e, pela maneira que foi posicionado, despeja uma queda de água, o que traz oxigenação para os peixes.

Figura 3 – Filtro caseiro utilizado no sistema: (a) vista lateral do filtro; (b) vista superior do perflon



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Foram utilizadas duas bombas d'água; uma responsável por levar a água até o filtro e outra responsável por bombear a água do tanque para o sistema de encanamento. Ao final do sistema, a água retorna para o reservatório, passando pelo filtro, concluindo assim esse sistema cíclico.

Os peixes utilizados no sistema foram adquiridos com aproximadamente duas semanas de vida. Embora, sob essas condições citadas, fosse possível mantê-los diretamente na caixa d'água, o grupo optou por alojá-los inicialmente em um pequeno aquário. Eles permaneceram nesse ambiente até completarem um mês de vida, a fim de possibilitar a observação prévia de possíveis deficiências nutricionais ou sinais de agentes infecciosos, assegurando a integridade do sistema antes da introdução definitiva dos organismos aquáticos.

Figura 4 – Tilápias no aquário



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Após o período de observação, as tilápias foram introduzidas na caixa d'água com o interior forrado de pedra brita e com poucas conchas distribuídas dentro do reservatório. A brita atua como um substrato físico para o alojamento de bactérias nitrificantes, que são responsáveis pela conversão da amônia excretada pelos peixes em nitrito e, posteriormente, nitrato. As conchas apresentam uma função de um tampão natural, tendo em vista que se o pH da água estiver mais ácido, o carbonato de cálcio se dissocia e libera cálcio em meio aquoso, o que ajuda a regular o pH. A liberação de dióxido de carbono é controlada e não prejudicial aos peixes.

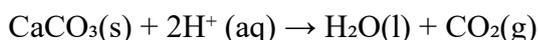


Figura 5 – Tilápias na caixa d'água



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

O cultivo das mudas de Tomilho foi dividido em sistemas diferentes, porém, no mesmo ambiente e submetidos as mesmas condições (temperatura, incidência solar, rega e umidade) a fim de diminuir possíveis variáveis, garantindo assim que a única diferença entre as mudas seja o diferente método de cultivo.

Duas mudas foram cultivadas no sistema aquapônico e outras duas através de técnicas de cultivos tradicionais, com vasos e terra adubada. As mudas foram cultivadas até atingirem sua fase madura, onde os compostos bioativos são produzidos, permitindo assim a análise fitoquímica de substâncias como o timol.

Figura 6 – Tomilho cultivado em sistema aquapônico: (a) muda 1; (b) muda 2



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Figura 7 - Tomilho cultivado em solo



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Para a extração dos óleos essenciais, inicialmente foi coletado uma amostra de tomilho do sistema de aquaponia e uma segunda amostra do tomilho cultivado em terra.

Figura 8 – Mudanças de tomilho coletadas: (a) cultivo em solo; (b) cultivo em aquaponia

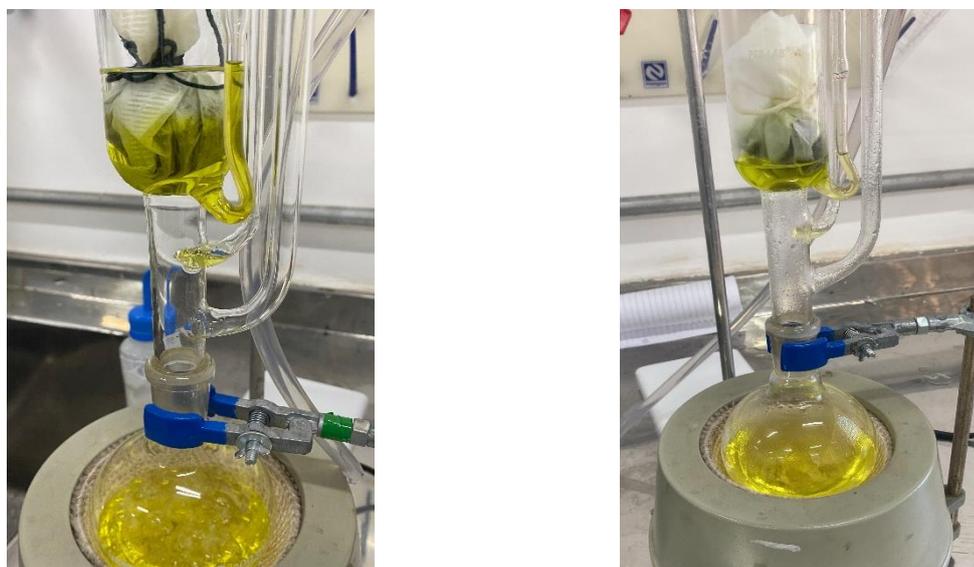


Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Foi utilizado o método de trituração, a fim de transformar as folhas e ramos em grânulos de tamanho médio. Após isso, as amostras foram submetidas a aquecimento por uma incubadora a 35° durante 72 horas. A obtenção do óleo essencial foi feita através de um extrator Soxhlet, utilizando hexano como solvente. A escolha do hexano deriva da sua afinidade com compostos bioativos desejados, já que é um solvente apolar, como muitos dos monoterpenos presentes no tomilho.

Foram feitos dois processos de extração, submetendo as duas amostras a uma temperatura de 70°C e mantendo o sistema em refluxo contínuo por 5h. Ao final do processo, pode se obter um extrato de tomilho com hexano, sendo necessário ebulir o solvente para se obter um óleo essencial concentrado.

Figura 9 – Extração do óleo essencial do tomilho a partir do aparato Soxhlet: (a) amostra cultivada em aquaponia; (b) amostra cultivada em solo



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Os óleos essenciais de cada amostra foram concentrados a partir da evaporação do hexano, que possui um ponto de ebulição menor que o timol, a molécula-alvo do trabalho.

Preliminarmente, antes de iniciar o processo analítico, a placa de sílica gel de cromatografia em camada delgada foi submetida a aquecimento em uma estufa por duas horas, para retirar toda a umidade presente na fase estacionária.

Figura 10 – (a) Placa de CCD sílica gel; (b) Placa de CCD na estufa em aquecimento



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Após o tratamento da placa, foi feito corte, a delimitação do ponto de aplicação das amostras e, o preparo da fase móvel, que foi o tolueno, solvente apolar que possui afinidade com compostos apolares presentes na composição do tomilho.

O solvente foi acondicionado em um béquer de 1L e tampado com uma placa de petri, impedindo que o solvente saia do frasco. Com a placa seca, foi iniciado o processo de análise cromatográfica utilizando uma pipeta graduada para a aplicação de uma gota de cada óleo essencial na placa de CCD com uma distância de 2cm entre elas e, logo após as amostras secarem totalmente, foram adicionadas a fase móvel presente no béquer tampado e submetidas a arraste. Foram feitas três análises até o solvente subir cerca de 80% da placa.

Figura 11 – (a) Placa de CCD após a aplicação das amostras; (b) Placa de CCD exposta à fase móvel



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Logo em seguida, após as placas secarem novamente, elas foram submetidas a luz ultravioleta como agente revelador, permitindo a visualização de compostos orgânicos aromáticos e insaturados, que não absorvem a radiação proveniente da luz, impedindo a sua fluorescência e evidenciando manchas escuras.

Após os registros e anotações das manchas visualizadas na luz ultravioleta, as placas foram para o segundo agente revelador.

O vapor de iodo foi utilizado por apresentar alta afinidade com as mesmas substâncias visualizadas sob luz ultravioleta, além de permitir a detecção de um

número ainda maior de compostos orgânicos. As estruturas químicas presentes na composição do tomilho absorvem o iodo em diferentes intensidades, evidenciando, após o contato com o vapor, manchas amarronzadas ou escuras onde há uma maior concentração desses compostos, como os metabólitos bioativos.

Para esse procedimento, uma pequena quantidade de iodo sólido foi acondicionada em um béquer de 500 mL e coberta com um vidro de relógio, impossibilitando que o vapor saia do frasco. As placas cromatográficas foram então inseridas no béquer, onde o iodo presente sublima e entra em contato com a placa, interagindo com as colunas de amostras formadas, promovendo a revelação dos compostos presentes.

Deste modo, os procedimentos descritos permitiram a extração, análise e comparação dos óleos essenciais de *Thymus vulgaris* cultivado em dois sistemas distintos, no solo e na aquaponia, com foco na avaliação qualitativa dos compostos bioativos por meio da cromatografia em camada delgada. A escolha dos métodos empregados, como a utilização do extrator Soxhlet e a revelação das placas cromatográficas com luz UV e vapor de iodo, buscou garantir a consistência e confiabilidade dos dados obtidos. As análises realizadas nesta etapa fundamentam os resultados apresentados a seguir, permitindo uma avaliação crítica das vantagens ambientais e químicas associadas ao cultivo aquapônico.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

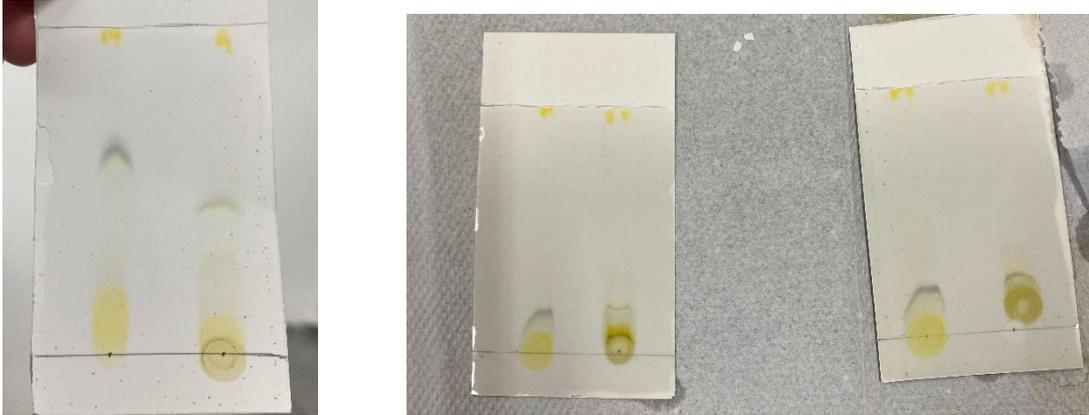
O método de cultivo demonstrou-se um fator determinante para o desenvolvimento saudável e viçoso das plantas analisadas. No comparativo entre a aquaponia e o cultivo tradicional em solo, observou-se que as plantas cultivadas no sistema aquapônico apresentaram maior volume de folhas e ramos, uma coloração mais vívida e uma estrutura geral mais saudável e verdejante. Além disso, notou-se uma aceleração significativa no tempo de crescimento das plantas nesse sistema.

As raízes das plantas cultivadas no sistema aquapônico mostraram-se mais alongadas e compactas, o que sugere uma adaptação ao ambiente da aquaponia, com recirculação de nutrientes, enquanto as plantas cultivadas em solo apresentaram raízes mais finas e distribuídas de forma mais dispersa. Em relação ao aroma, não foram observadas diferenças perceptíveis entre as amostras, indicando que os compostos voláteis responsáveis pela fragrância permaneceram consistentes, independentemente do método de cultivo.

Uma diferença visual importante foi registrada na coloração dos ramos. As plantas da aquaponia apresentaram tonalidades mais vibrantes, com predominância de verdes e amarelos, enquanto as plantas cultivadas em solo apresentaram tons mais terrosos, como marrom e avermelhado em algumas partes.

A análise cromatográfica por CCD permitiu observar diferenças no perfil fitoquímico dos extratos analisados. Na figura abaixo, é possível visualizar as bandas cromatográficas obtidas a partir das amostras de extratos de tomilho cultivado em sistema de aquaponia e outro em solo convencional.

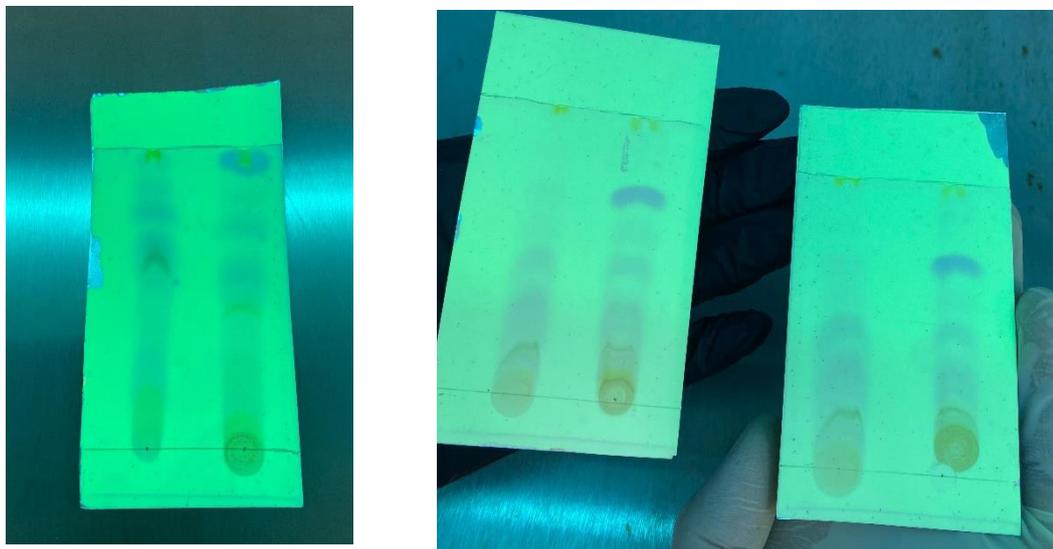
Figura 12 – Placas de CCD após o processo de arraste: (a) placa 1; (b) placa 2 e 3  
Em todas as placas, a amostra da coluna da esquerda corresponde ao tomilho cultivado na aquaponia e a da coluna da direita, ao tomilho cultivado na terra.



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Com a imagem, fica claro que há uma diferença no perfil químico de ambos os extratos, e que o tipo de cultivo pode influenciar diretamente na produção dos metabólitos secundários de uma planta.

Figura 13 – Placas de CCD submetidas a luz UV após o arraste: (a) placa 1; (b) placa 2 e 3.



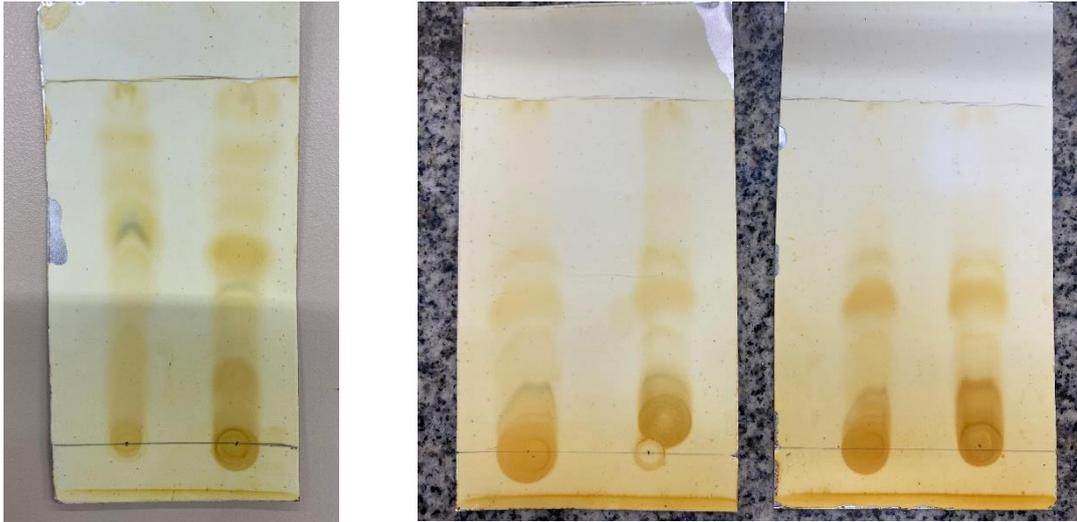
Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Os valores de fator de retenção ( $R_f$ ) obtidos foram de 0,4 para a coluna da esquerda (a amostra de aquaponia) e 0,6 para a da direita (cultivada na terra), indicando a presença de compostos com polaridades distintas. O valor de  $R_f$  mais baixo (0,4) sugere maior afinidade do composto com a fase estacionária, indicando maior polaridade. Já o  $R_f$  de 0,6 representa um composto menos polar, com maior

afinidade pela fase móvel (solvente). No caso da aquaponia, a maior polaridade das moléculas pode indicar a presença de flavonoides, ácidos fenólicos e taninos, já que são mais polares e interagem mais com a sílica, portanto ficam mais retidos.

Já o Rf 0,6 provavelmente trata-se de um composto apolar e que foi bem carregado pela fase móvel, tais como o timol, carvacrol e o p-cimeno.

Figura 14 - Placas de CCD submetidas ao vapor de iodo após o arraste: (a) placa 1; (b) placa 3 e 2.



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Considerando a intensidade das manchas, nota-se também que há uma concentração maior de metabólitos secundários nas plantas cultivadas em terra quando comparadas à aquaponia. Entende-se isso por conta da presença de minerais específicos no solo ou até mesmo pela adaptação da planta ao sistema. É possível dizer que a planta da aquaponia ainda não estivesse suficientemente adaptada para a produção de tais compostos, ou que tenha faltado algum nutriente ou mineral.

## 6. CONCLUSÃO

Mediante aos resultados obtidos, pode-se inferir que a metodologia aplicada no sistema aquaponia não foi a mais adequada para a produção de fitoterápicos dentro do contexto da farmácia viva. Isso se evidencia por uma menor produção de produção de metabólitos secundários com potencial farmacêutico, como timol, carvocrol e outros compostos fenólicos.

Dessa forma, para potencializar a produção de compostos terapêuticos, seria recomendável adotar um modelo híbrido de cultivo, no qual as plantas medicinais sejam cultivadas em solo, porém irrigadas com a água rica em nutrientes do sistema aquapônico. Esse tipo de aquaponia permite uma maior adaptação das plantas ao ambiente, favorecendo a produção adequada de metabólitos para aplicações fitoterápicas. Além disso, é essencial que esse sistema seja utilizado desde a germinação das sementes, o que permite uma maior estabilidade no desenvolvimento da planta e na absorção de nutrientes.

Entretanto, deve-se levar em consideração também a velocidade e eficiência do cultivo. As plantas cultivadas em aquaponia tiveram um desempenho muito satisfatório, apresentando um volume muito grande de folhas frescas e saudáveis, o que é especialmente útil na produção de vegetais e hortaliças.

Além disso, a pluralidade produtiva do sistema também pode ser explorada com potencial farmacêutico. Os peixes apresentam matérias primas essenciais na produção de óleos e medicamentos específicos, o que somado à produção agrícola pode ser extremamente econômico e benéfico ao mercado farmacêutico.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Relatório conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2022. Brasília: ANA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/relatorio-conjuntura-dos-recursos-hidricos-no-brasil-atualiza-informacoes-sobre-aguas-do-pais>. Acesso em: 20 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. Folder sobre fitoterápicos: orientações para uso seguro de fitoterápicos e plantas medicinais. Brasília, 4 abr. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/medicamentos/publicacoes-sobre-medicamentos/folder-sobre-fitoterapicos.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 886, de 20 de abril de 2010. Institui no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS) o programa Farmácia Viva. Brasília: MS, 2010. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/MatrizasConsolidacao/comum/13138.html>. Acesso em: 20 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS – RENISUS. Brasília: MS, 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/plantas-medicinais-e-fitoterapicos/plantas-medicinais-e-fitoterapicos-no-sus/conheca-mais-sobre-o-renisus>. Acesso em: 23 jun. 2025.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. Princípios de hidroponia. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/769981>. Acesso em: 7 nov. 2024.

CASTRO, F. J. A. de. A Rede “Farmácias Vivas” no Ceará: provisão de Saúde e Desenvolvimento. Universidade de Coimbra, 2023. Disponível em: <https://share.google/FiwPLuht92QmohNLN>. Acesso em: 8 jul. 2025.

CHEROBIN, Fabiane; BUFFON, Marilene M.; CARVALHO, Denise S. de; RATTMANN, Yanna D. Plantas medicinais e políticas públicas de saúde: novos olhares sobre antigas práticas. Physis: Revista de Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 32, n. 3, e320306, 2022. DOI: 10.1590/S0103-73312022320306.

FIGUEIREDO, C. A.; GURGEL, I. G. D.; GURGEL JÚNIOR, G. D. A Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos: construção, perspectivas e desafios. Physis: Revista de Saúde Coletiva, v. 24, n. 2, p. 381–400, 2014. DOI: 10.1590/S0103-73312014000200004.

FITOTERAPIA: conceitos básicos e definições. Revista Medicina Integrativa, 2024. Disponível em: <https://revistamedicinaintegrativa.com/fitoterapia-conceitos-basicos-e-definicoes/>. Acesso em: 8 jul. 2025.

GODDEK, S. *et al.* Aquaponics food production systems: combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future. Springer, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-15943-6>. Acesso em: 15 jun. 2025.

GOELLNER, C. O uso da água e a agricultura. ResearchGate, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/267373079\\_O\\_USO\\_DA\\_AGUA\\_E\\_A\\_AGRICULTURA](https://www.researchgate.net/publication/267373079_O_USO_DA_AGUA_E_A_AGRICULTURA). Acesso em: 7 nov. 2024.

HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 3, n. 2, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2809>. Acesso em: 7 nov. 2024. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v3i2.218>.

KILIÇ, M.; ANAÇ, S. Sustainable management of large scale irrigation systems: a decision support model for Gediz Basin, Turkey. In: *Sustainable Natural Resources Management*. InTech, 2012. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/25742>. Acesso em: 7 nov. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/33120>.

KOVALSKI, M. L.; OBARA, A. T. O estudo da etnobotânica das plantas medicinais na escola. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 19, n. 4, p. 911–927, 2013. DOI: 10.1590/S1516-73132013000400009.

MAGALHÃES, T. F. O.; VALENTE, C. C. A.; MOURA, L. C. F.; RAIMUNDO, C. A. S.; SANTOS, D. M. C. Aquaponia: uma alternativa de agricultura de hortaliças com base na agroecologia. *Ciência Atual – Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário São José*, v. 18, n. 1, p. 92–?, Rio de Janeiro, 28 set. 2022. Disponível em: <https://revista.saojose.br/index.php/cafsj/article/view/578>. Acesso em: 8 jul. 2025.

Nivaldo, A. L. P., Vieira, E. R. de Q., Ferreira, M. A., & Queiroz, A. S. B. (2024). SISTEMA DE AQUAPONIA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL: IMPACTO NA PRODUÇÃO DE PEIXES E PLANTAS FOLHOSAS. *Revista Contemporânea*, 4(12), e6994. <https://doi.org/10.56083/RCV4N12-172>. Acesso em: 8 jul. 2025.

PEREIRA, B. de F. M.; ALVES, B. M.; MEDEIROS, M. P.; PEREIRA, R. M. Contaminação no lençol freático, rios, lagos e lagoas do Brasil por agrotóxicos. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, São Paulo, v. 8, n. 7, p. 863–874, jul. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v8i7.6235>. Acesso em: 8 jul. 2025.

PEREIRA, J. B. A. *et al.* O papel terapêutico do Programa Farmácia Viva e das plantas medicinais. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 17, n. 4, p. 550–561, 2015. Disponível em: [https://doi.org/10.1590/1983-084X/14\\_008](https://doi.org/10.1590/1983-084X/14_008). Acesso em: 20 maio 2025.

PINTO, A. C.; FERREIRA, V. F. A fitoterapia no mundo atual. *Química Nova*, v. 33, n. 2, p. 435–440, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/m8sNfLg4s7GPmtXfrsQWKMy>. Acesso em: 20 maio 2025.

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics—integrating fish and plant culture. SRAC Publication, 2006. Disponível em: <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/print-publications/srac/recirculating-aquaculture-tank-production-systems-aquaponics-integrating-fish-and-plant-culture-srac-454.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

REIS, R. A. dos; SANCHES, M. C.; MALDONADO, A. C. D. Água, fonte da vida. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 28297–28296, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/26673/21130>. Acesso em: 16 set. 2024. DOI: 10.34117/bjdv7n3-512.

RIGO, C. D.; PEREIRA, A. A. Avaliação de desempenho entre substrato e um sistema de aquaponia com tilápias (*Oreochromis niloticus*) para o cultivo de alface (*Lactuca sativa*) e chicória (*Cichorium intybus*). Repositório Institucional da UFSC, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/178188>. Acesso em: 7 nov. 2024.

SAMBUICHI, R. H. R.; CONSTANTINO DE OLIVEIRA, M. Â.; MOREIRA DA SILVA, A. P.; LUDEMANN, G. A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: Impactos, políticas públicas e desafios. Texto para Discussão, n. 1782. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2012. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10419/91310>. Acesso em: 8 jul. 2025.

SANTOS, Amanda Fernanda Espada dos; CALVO, Fernanda Nhoato; GOMES, Pamella Ferraz. A produção integrada de peixes e hortaliças na aquaponia. ETEC Padre José Nunes Dias, Monte Aprazível (SP), Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Agropecuária), 29 nov. 2021. Disponível em: <http://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/6720>. Acesso em: 8 jul. 2025.

SAVIDOV, N.; LEUNG, P. Aquaponics: integration of hydroponics with aquaculture. *HortTechnology*, v. 29, n. 3, 2019. Disponível em: <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/29/3/article-p297.xml>. Acesso em: 15 jun. 2025.

SILVA, A. G. G. da. Etnofarmacologia: contribuição de povos originários no descobrimento de fármacos e fitoterápicos. 2022. Disponível em: <https://repositorio.unisagrado.edu.br/handle/handle/989>. Acesso em: 15 maio 2025.

SOMMERVILLE, C. *et al.* Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 2014. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/handle/1834/10007>. Acesso em: 15 jun. 2025.

TOMAZZONI, M. I.; NEGRELLÉ, R. R. B.; CENTA, M. L. Fitoterapia popular: a busca instrumental enquanto prática terapêutica. *Texto & Contexto – Enfermagem*, v. 15, n. 1, p. 115–121, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-07072006000100014>. Acesso em: 8 jul. 2025.

UEKUBO, C. M. Análise da sustentabilidade da produção de alho na agricultura familiar a partir do triple bottom line. Universidade do Planalto Catarina Catarinense, 2024. Disponível em: <https://share.google/QsYRFhtWCAqB5Vgir>. Acesso em: 8 de jul. 2025.

VENTAPANE, A. L. S.; SANTOS, P. M. L. Aplicação de princípios de Química Verde em experimentos didáticos. Química Nova na Escola, v. 43, n. 2, p. 121–127, 2021. Disponível em: [https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc43\\_2/10-EEQ-37-20.pdf](https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc43_2/10-EEQ-37-20.pdf). Acesso em: 20 maio 2025.

VENTURA, C. A. A. *et al.* Plantas medicinais: uma abordagem. Physis: Revista de Saúde Coletiva, v. 26, n. 4, p. 1311–1336, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/physis/a/kwsS5zBL84b5w9LrMrCjy5d/?format=pdf>. Acesso em: 20 maio 2025.

VIEIRA, V. A.; SILVA, F. C. B. Sistema de aquaponia para pequenos produtores de hortaliças. Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (FATEC), 16 nov. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.31510/infav.20i2.1714>. Acesso em: 8 jul. 2025.

WANG, X. *et al.* Effect of aquaponics on the growth and antioxidant capacity of *Centella asiatica*. Journal of Medicinal Plants Research, v. 14, n. 4, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667031321001585>. Acesso em: 15 jun. 2025.

YEP, B.; ZHENG, S. Aquaponics as sustainable agriculture. Sustainability, v. 11, n. 22, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/22/6511>. Acesso em: 15 jun. 2025.

YILDIRIM, M. *et al.* Production of *Thymus vulgaris* in aquaponic systems. Journal of Plant Nutrition, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01904167.2021.1887224>. Acesso em: 15 jun. 2025.