



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

KAIO COUTINHO DE MARIA

**BIORREDUÇÃO DE DERIVADOS DE CHALCONAS POR FUNGOS DE
AMBIENTES AMAZÔNICOS**

MACAPÁ -AP

2026

KAIO COUTINHO DE MARIA

**BIORREDUÇÃO DE DERIVADOS DE CHALCONAS POR FUNGOS DE
AMBIENTES AMAZÔNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Coordenação do curso de Licenciatura em Química
da Universidade Federal do Amapá para obtenção de
título de Licenciado em Química, e como requisito
para avaliação da disciplina de TCC II.

Orientador: Prof. Dr Irlon Maciel Ferreira

MACAPÁ – AP

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Aline Farias Bandeira Couto – CRB-2 1700/O

M332b Maria, Kaio Coutinho de.
Biorredução de Derivados de Chalconas por Fungos de Ambientes Amazônicos / Kaio Coutinho de
Maria. - Macapá (AP), 2026.
1 recurso eletrônico.
69 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Federal do Amapá, Macapá
(AP), 2026.
Orientador: Irlon Maciel Ferreira.

Modo de acesso: World Wide Web.
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Biotransformação. 2. Chalconas. 3. Fungos. I. Ferreira, Irlon Maciel Ferreira, orientador. II.
Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 660.7

MARIA, Kaio Coutinho de. **Biorredução de Derivados de Chalconas por Fungos de Ambientes Amazônicos**. Orientador: Irlon Maciel
Ferreira. 2026. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Federal do Amapá, Macapá (AP), 2026.


KAIO COUTINHO DE MARIA

**BIORREDUÇÃO DE DERIVADOS DE CHALCONAS POR FUNGOS DE
AMBIENTES AMAZÔNICOS**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Química, da
Universidade Federal do Amapá, como requisito para finalização do curso de graduação.

Aprovado em: 19 / 02 / 2026


Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **IRLON MACIEL FERREIRA**
Data: 03/03/2026 14:48:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr Irlon Maciel Ferreira
PRESIDENTE DA BANCA

Documento assinado digitalmente
 **DAVID ESTEBAN QUINTERO JIMENEZ**
Data: 23/02/2026 19:42:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr David Esteban Quintero Jimenez
MEMBRO DA BANCA

Documento assinado digitalmente
 **RYAN DA SILVA RAMOS**
Data: 23/02/2026 14:32:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr Ryan da Silva Ramos
MEMBRO DA BANCA

AGRADECIMENTOS

Á persistência em continuar em frente apesar das dificuldades.

A minha família, em especial a minha mãe e irmã, Cleotilde Coutinho e Gleiciane Coutinho, que sempre me incentivaram a nunca desistir de continuar estudando na esperança de um futuro melhor.

Ao meu orientador Prof. Dr. Irlon Maciel, por me proporcionar a oportunidade de fazer parte de seu grupo de pesquisa e pelas suas orientações, paciência, e confiança creditadas a mim ao decorrer dessa trajetória acadêmica.

Aos meus colegas e amigos do Laboratório de Biocatálise e Síntese Orgânica Aplicada (BIORG) da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP): Víctor Hugo; David Esteban; Swanny Borges e Patrícia Almeida, pelo apoio e companhia nessa jornada de graduação, servindo como um importante pilar dentro da instituição, para continuar em frente.

Ao Prof. Dr. Roberto Messias por me apresentar ao mundo científico, e ao Tec. Francinaldo Sarges por me ensinar tudo sobre a “química de bancada básica”, e a como trabalhar com as adversidades que podem surgir em um laboratório.

As minhas duas grandes amigas: Luani Cristina e Bigail Soares, duas pessoas incríveis e parceiras que o curso me proporcionou ter conhecido e que ajudaram a trajetória acadêmica ser um pouco mais leve e descontraída.

Ao Prof. Dr. André Luiz, por ceder alguns de seus equipamentos do seu laboratório para a realização da caracterização dos compostos.

A todos que de alguma forma participaram dessa trajetória ou contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

“A química é uma arte científica através da qual se aprende a dissolver os corpos para deles retirar as diversas substâncias que os compõem e reuni-las, congregando-as para criar corpos exaltados.”

Paracelsus

RESUMO

BIORREDUÇÃO DE DERIVADOS DE CHALCONAS POR FUNGOS DE AMBIENTES AMAZÔNICOS

Chalconas são conhecidas por apresentar diversos potenciais biológicos. No entanto, sua modificação química, ainda é limitada em condições extremas, ou com reagentes que são considerados potenciais contaminantes ambientais, ou de difícil aquisição. Neste sentido, a busca por processos menos agressivos ao meio ambiente e de forma mais eficiente vem ganhando espaço na literatura, como as reações biocatalisadas por fungos, em que consiste na utilização de enzimas ou co-fatores como catalisadores biológicos nas reações orgânicas. Sabendo disso, e afim de explorar o potencial biotecnológico a partir de fungos filamentosos ainda não explorados nesses processos biocatalíticos, esse trabalho teve como objetivo investigar o potencial redutor de ligações C=C de chalconas utilizando fungos filamentosos isolados do solo de ambiente amazônico, tais como, *Aspergillus niger* CBMAI 2756 e *Talaromyces verreculosos* CBMAI 2754. Para isso, foram sintetizados 11 chalconas, catalisadas por hidróxido de sódio (1,25 M) seguindo o protocolo da reação de condensação aldólica, à temperatura ambiente, por 6 h de agitação. Todos os produtos obtidos foram sólidos e caracterizados pelo ponto de fusão e Cromatografia gasosa - Espectroscopia de Massas (CG-EM). Em seguida, os compostos foram submetidos a reação de biotransformação, contendo 5 g de micélio úmido (previamente fermentados) e chalconas (50 mg) solubilizadas em DMSO em meio tamponado pH 7. A reação permaneceu em agitação (130 rpm) por 7 dias. Sendo finalizada por extração líquido-líquido e o excesso do solvente foi removido por rotaevaporação e o produto da reação caracterizado por CG-EM. Em todos os produtos formados foi observado a redução da ligação dupla C=C, demonstrando a eficiência no potencial de redução seletiva de ambos os fungos. Ao final dessa investigação, concluiu-se através das análises de CG-EM, que ambos os microrganismos possuem capacidade enzimáticas favoráveis no processo de atividade redutora da ligação C=C, características de enzimas do tipo ene-redutase. Porém o *Talaromyces verreculosos* CBMAI 2754, apresentou um ligeiro aumento na capacidade redutora, evidenciando assim um melhor potencial biotecnológico.

Palavras-Chave: Biotransformação; *Talaromyces verreculosos*; *Aspergillus niger*; ene-redutase.

ABSTRACT

POTÊNCIAL DE BIORREDUÇÃO DE DERIVADOS DE CHALCONAS POR MEIO DE FUNGOS AMAZÔNICOS

Chalcones are known to exhibit diverse biological potential. However, their chemical modification is still limited under extreme conditions, or with reagents that are considered potential environmental contaminants, or are difficult to obtain. In this sense, the search for less environmentally damaging and more efficient processes has been gaining ground in the literature, such as biocatalyzed reactions by fungi, which consist of using enzymes or cofactors as biological catalysts in organic reactions. Knowing this, and in order to explore the biotechnological potential of filamentous fungi not yet explored in these biocatalytic processes, this work aimed to investigate the C=C bond-reducing potential of chalcones using filamentous fungi isolated from Amazonian soil, such as *Aspergillus niger* CBMAI 2756 and *Talaromyces verreculosus* CBMAI 2754. To this end, 11 chalcones were synthesized, catalyzed by sodium hydroxide (1.25 M) following the aldol condensation reaction protocol, at room temperature, for 6 h of stirring. All products obtained were solids and characterized by melting point and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Subsequently, the compounds were subjected to a biotransformation reaction containing 5 g of moist mycelium (previously fermented) and chalcones (50 mg) solubilized in DMSO in a buffered medium at pH 7. The reaction was stirred (130 rpm) for 7 days. It was then completed by liquid-liquid extraction, and the excess solvent was removed by rotary evaporation. The reaction output was characterized by GC-MS. In all products formed, a reduction of the C=C double bond was observed, demonstrating the efficiency of the selective reduction potential of both fungi. At the end of this investigation, it was concluded through GC-MS analyses that both microorganisms possess favorable enzymatic capacity in the process of reducing the C=C bond, characteristic of ene-reductase type enzymes. However, *Talaromyces verreculosus* CBMAI 2754 showed a slight increase in reducing capacity, thus evidencing a better biotechnological potential.

Keywords: Biotransformation; *Talaromyces verreculosus*; *Aspergillus niger*; ene reductase.

FIGURAS

Figura 1: Núcleo de uma chalcona.....	15
Figura 2: Mecanismo de condensação aldólica cruzada de Claisen-Schimidt.....	16
Figura 3: Exemplos de chalconas com ação biológica.....	16
Figura 4: Esquema reacional da síntese do ASS	17
Figura 5: Esquema reacional geral da hidroformilação.	18
Figura 6: Possíveis transformações químicas.	19
Figura 7: Esquema reacional de redução C=C.....	19
Figura 8: Esquema reacional e resultados da redução de chalconas utilizando fungo marinho.	21
Figura 9: Cubeta e recorte da placa cromatográfica usadas durante a CCD.	26
Figura 10: Sequência experimental do preparo de uma CCD.....	27
Figura 11: Equipamento Ponto de Fusão II, usado para aferir o ponto de fusão.	27
Figura 12: Cromatograma do composto 2e após a integração dos picos ao final da reação de biotransformação usando a cepa <i>T. verreculosos</i>	35
Figura 13: Espectro de massas do composto 2e usando a cepa <i>T. verreculosos</i>	36
Figura 14: Espectro de massas do composto 2e usando a cepa <i>T. verreculosos</i> contendo a proposta de fragmentação da molécula correspondente aos principais picos.	36
Figura 15: Espectro de RMN do composto 1e com seus picos integrados.	37
Figura 16: Espectro de RMN do composto 2e com seus picos integrados.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cetonas e aldeídos selecionados para a síntese dos derivados da chalcona.	24
Tabela 2: Síntese dos derivados da chalcona mais seu núcleo principal.	30
Tabela 3: Dados da aferição do ponto de fusão dos compostos após a CCD e recristalização dos compostos considerados impuros.	32
Tabela 4: Taxa de transformação dos compostos 2a-1 obtidas através de picos de integração no cromatograma.	33

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A niger – *Aspergillus niger*

AAS - Ácido acetilsalicílico (aspirina)

B.O.D – Demanda Bioquímica de Oxigênio

CCD - Cromatografia em Camada Delgada

CG-EM – Cromatografo Gasoso Acoplado ao Espectrômetro de Massas

DMSO – dimetilsulfóxido

EtOH - Etanol (álcool etílico)

HCl - Ácido clorídrico

MP - Material de partida

NaOH - Hidróxido de sódio

RMN – Ressonância Magnética Nuclear

T verruculosos – *Talaromyces verreculosos*

UV - Ultravioleta

α – Alfa

β – Beta

γ – Gama

δ – Delta

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEORICO	15
2.1. CHALCONAS	15
2.2. REGIOSELETIVIDADE/QUÍMIOSELETIVIDADE.....	16
2.3. REDUÇÃO SELETIVA C=C DE COMPOSTO CARBÔNICO A, B-INSATURADO.....	18
2.3.1. <i>METODO SINTÉTICO</i>	18
2.3.2. <i>MÉTODO BIOCATALÍTICO</i>	20
2.4. BIOTRANSFORMAÇÃO	21
2.5. FUNGOS	21
3. OBJETIVOS	23
3.1. GERAL:	23
3.2. ESPECÍFICOS:	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1. SÍNTESE:	24
4.2. CROMATOGRAFIA EM CAMADA DELGADA (CCD) E AFERIÇÃO DO PONTO DE FUSÃO .	25
4.3. PREPARO DOS CATALIZADORES BIOLÓGICOS	27
4.3.1. <i>CULTIVO EM MEIO SÓLIDO</i>	28
4.3.2. <i>CULTIVO EM MEIO LÍQUIDO</i>	28
4.4. BIOTRANSFORMAÇÃO E EXTRAÇÃO DO PRODUTO	28
5. RESULTADOS E DISCUSÃO	30
5.1. SÍNTESE	30
5.2. BIOTRANSFORMAÇÃO	32
5.2.1. <i>ANALISES ESPECTROSCÓPICAS</i>	34
5.2.2. <i>INTERPRETAÇÃO DAS TAXAS DE CONVERSÃO OBTIDAS USANDO A CEPA ASPERGILLUS NIGER</i>	38
5.2.3. <i>INTERPRETAÇÃO DAS TAXAS DE CONVERSÃO OBTIDAS USANDO A CEPA TALAROMYCES</i> <i>VERRECULOSOS</i>	40
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS	43
7. ANEXOS	51

1. INTRODUÇÃO

Embora processos enzimáticos na síntese orgânica de moléculas com interesse industrial já seja uma realidade em nosso país, as reações de biotransformação de moléculas orgânicas ainda é uma área pouco explorada na região norte do Brasil, essas reações utilizam-se de enzimas ou co-fatores enzimáticos na função de catalisadores. Essas enzimas podem ser encontradas em animais, bactérias, leveduras, fungos filamentosos, algas e plantas (Brito *et al.*, 2022).

Fungos filamentosos apresentam vantagens na produção de enzimas com interesse biotecnológico, quando comparado a outros microrganismos, por serem pluricelulares apresentam maior capacidade de produção enzimática, robustez na manipulação e menor custo de manipulação. Considerando os diferentes biomas brasileiros, a diversidade de espécies de fungos filamentosos se torna atrativa (Suehara; Silva, 2023; Valencia; Chambergo, 2013). É estimado por Lewinsohn; Prado, (2005) que o número total de espécies de fungos conhecidas no Brasil ainda é extremamente subestimado.

Segundo Lima *et al.*, (2001), a ação enzimática de uma proteína está associada a um sítio ativo, que interage com o substrato através de forças intermoleculares, conferindo assim a esta proteína uma especificidade catalítica. Ferreira *et al.*, (2023) afirma que a maioria das enzimas responsáveis por redução de ligações C=C, são intituladas de “ene-redutases”. É relatado por Curtolo (2022) que as ene-redutases são conhecidas também como flavo-proteínas, e utilizam como coenzimas, tanto os mononucleotídeos de flavina quanto os dinucleotídeos flavina-anelina, que são derivadas da vitamina B2.

Ao longo do tempo, fungos de diferentes ambientes foram usados em diferentes reações, como por exemplo em reações de transformação da progesterona, que é um hormônio feminino responsável por regular o ciclo de ovulação das mulheres (Kami; Vidigal; Macedo, 2017), em testolactona, um composto utilizado em tratamento de câncer mamário (PINTO *et al.*, 2025). Um exemplo acerca desses estudos é o de Queiroz; Ellena; Porto, (2020), que utilizaram de células inteiras de fungos marinhos, como *Penicillium oxalicum* CBMAI 1996 nessa transformação, o que resultou em cerca de 26% de testolactona.

Como estas reações não agridem ao meio ambiente, essa abordagem reacional acaba se enquadrando nos princípios da Química verde, que segundo Lenardão *et al.*, (2003), é uma ideia ética e poderosa, que representa a suposição de que processos químicos que geram problemas ambientais possam ser substituídos por alternativas menos poluentes ou não poluentes, e como alguns microorganismos cumprem sua função na reação; não são tóxicos; a reação ocorre em

temperatura e pressão ambiente; os fungos são renováveis (tendo em vista que a partir de um fragmento de célula, é possível restituir um microorganismo inteiro), e os mesmos ainda são biodegradáveis, fazendo com que o procedimento se enquadre ainda mais nessa poderosa ideia ética.

Compostos carbonílicos α , β – insaturados são moléculas importantes em síntese orgânica, devido ao fácil acesso sintético e versatilidade química. Possuem em sua estrutura molecular uma carbonila conjugada a uma ligação dupla carbono-carbono, como exemplo, as chalconas (Adhikari *et al.*, 2025), que são moléculas consideradas uma das maiores classes de compostos naturais, devido a sua presença em frutas, vegetais, condimentos e chás (Rammohan *et al.*, 2020). Esses compostos têm sido amplamente estudados devido a sua ampla aplicabilidade farmacológica como anti-oxidante, anti-inflamatórios inibidores de carcinogênese pulmonária, anti-malárico, anti-leishmanicida, antibactericida, antifúngico e antiviral (Jasim *et al.*, 2021).

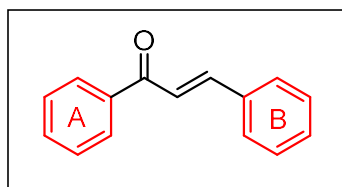
Como forma de potencializar essas atividades biológicas e deixá-las mais reativas em outras reações, estão surgindo muitos estudos afim de reduzir a ligação C=C dos compostos α , β -insaturados, alguns deles explorando o potencial biocatalítico no intuito de minimizar os impactos nocivos ao ambiente e também possibilitando um baixo custo reacional (Ferreira *et al.*, 2023; Winkler; Faber; Hall, 2018). Á vista disso, buscou-se realizar a sínteses de derivados de Chalcona e investigar o potencial de biorredução de fungos amazônicos isolados de uma mineradora de ferro da região norte do Brasil, as cepas selecionadas foram *Aspergillus niger* (CBMAI 2756) e *Talaromyces verruculosus* (CBMAI 2754) isoladas por (Nóbrega *et al.*, 2024).

2. REFERÊNCIAL TEORICO

2.1. Chalconas

Chalconas são compostos carbonílicos α , β -insaturados contendo dois núcleos aromáticos de cadeia aberta e oleofina conjugada (Carlos; Echevarria, 2024; Heriberto Rodrigues Bitencourt *et al.*, 2020), como pode ser observada na **Figura 1**. As chalconas são encontradas em plantas, frutas, grãos, raízes, flores e chás, produtos estes, que são amplamente conhecidos para o consumo humano, além disso, são precursoras de flavonóides, isoflavanóides, flavonas e diidrochalconas (Díaz-Tielas *et al.*, 2016).

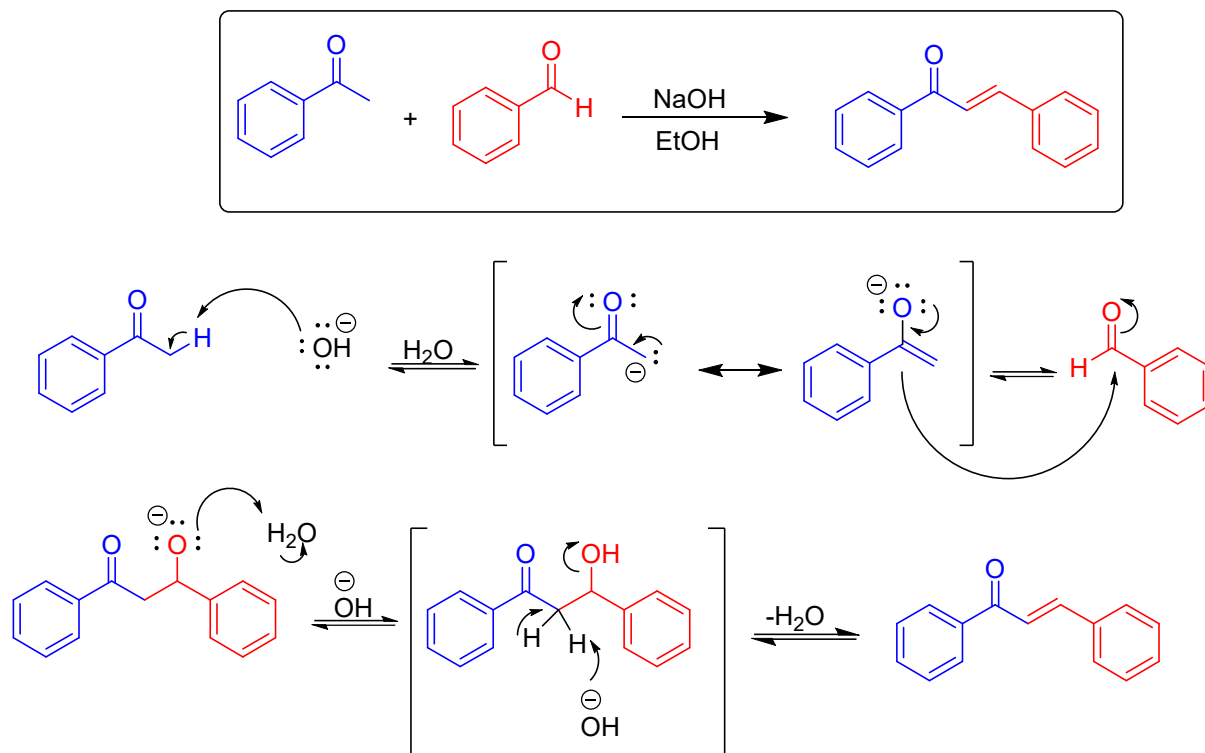
Figura 1: Núcleo de uma chalcona.



Fonte: Autor, 2026

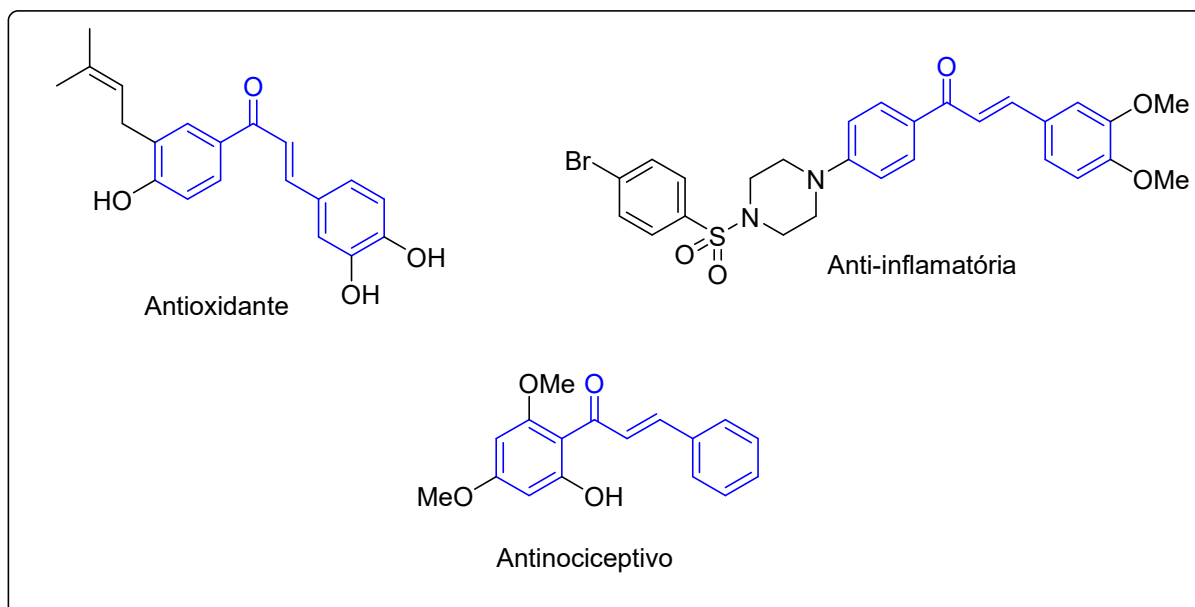
Os derivados desse composto podem ser obtidos através da reação de condensação aldólica cruzada de Claisen-Schimidt, onde uma cetona reage com aldeído via catalização alcalina (Carlos; Echevarria, 2024), esse mecanismo de reação pode ser visualizado na **figura 2**. O interesse em realizar essa rota sintética está associado justamente ao seu grande potencial biológico, como antioxidante (Cheng *et al.*, 2001), anti-inflamatória (Li *et al.*, 2017) e antinociceptiva (Mohamad *et al.*, 2010) (**Figura 3**).

Figura 2: Mecanismo de condensação aldólica cruzada de Claisen-Schimidt



Fonte: Autor, 2026

Figura 3: Exemplos de chalconas com ação biológica



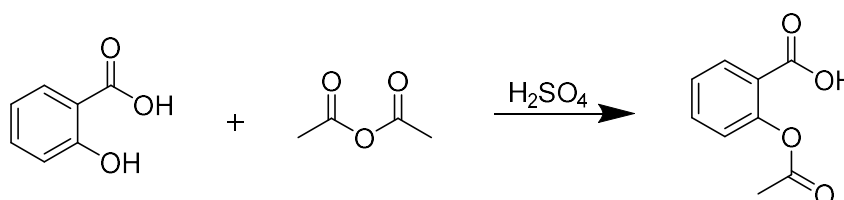
Fonte: Autor, 2026

2.2. Regioseletividade/Químioseletividade

Uma forma de tentar otimizar a ação biológica de um produto sintético envolve reações regioseletivas, a regioseletividade se trata de reações químicas que ocorrem de preferência em determinada área de uma molécula, mesmo quando é possível da reação ocorrer em outras áreas dessa molécula (Matos *et al.*, 2018). Essa seletividade reacional tem outros benefícios, além da melhoria da eficácia biológica, como por exemplo, evitar a produção de subprodutos ao final da reação que poderiam ser tóxicos ou inativos, maximizar o rendimento da reação e preservar grupos funcionais importantes para ação biológica desejável (Riva, 1996).

A síntese do ácido acetilsalicílico (AAS), conhecido popularmente como aspirina, é um exemplo de aplicação da regioseletividade na química orgânica farmacêutica. O AAS é obtido por meio da reação entre o ácido salicílico e o anidrido acético, catalisada por um ácido (**Figura 4**), geralmente ácido sulfúrico ou fosfórico (Alimi *et al.*, 2022).

Figura 4: Esquema reacional da síntese do ASS



Fonte: Autor, 2026

O ácido salicílico possui dois grupos funcionais reativos: uma hidroxila fenólica e uma carboxila. A reação desejada é a acetilação da hidroxila, formando o grupo acetilsalicilato responsável pelas propriedades analgésicas, antitérmicas e anti-inflamatórias do fármaco (Fuster; Sweeny, 2011). No entanto, sem um controle regioseletivo, o anidrido acético pode reagir com o grupo carboxila, formando o acetato de salicilato um subproduto inativo ou potencialmente irritante para o trato gastrointestinal (Alimi *et al.*, 2022; Fuster; Sweeny, 2011).

A regioseletividade é, portanto, essencial para garantir que a acetilação ocorra exclusivamente na posição desejada. Segundo (Schneider da Luz *et al.*, 2019), a otimização da síntese do AAS envolve a escolha adequada do catalisador, controle da temperatura e tempo de reação, além da purificação por recristalização, o que assegura a formação seletiva do produto ativo.

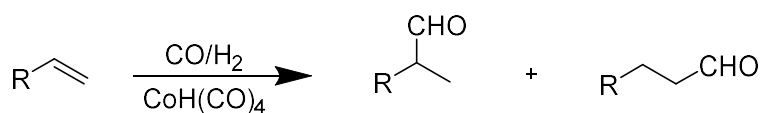
Outra forma de “melhoria” na ação biológica de determinadas moléculas obtidas em reações orgânicas, envolve a quimiosseletividade, esse tipo de reação é bem similar a reação regioseletiva, cujo diferencial reside especificamente nos grupos funcionais da molécula (Sornay *et al.*, 2022).

Enquanto reações regioseletivas tem preferência por uma determinada área de um grupo funcional de uma molécula, reações quimiosseletivas buscam priorizar um determinado

grupo funcional ao invés de outro, como por exemplo, embora uma reação seja possível em aldeídos e cetonas, é observado que ela ocorre com facilidade e preferência nos aldeídos (Iwasaki; Nozaki, 2024).

Um bom exemplo de reação quimiosseletiva, foi a descoberta de Otto Roelen, a hidroformilação (Dias *et al.*, 2014). Uma reação que consiste na utilização de alceno com monóxido de carbono e hidrogênio, utilizando um catalizador metálico para a formação de aldeído linear ou ramificado (**Figura 5**). Essa reação abriu caminho para outras reações seletivas, como hidrogenação e funcionalização de ligações C-H (Dias *et al.*, 2014; Rocha *et al.*, 2023), Otto conseguiu demonstrar na época que era possível transformar moléculas simples (alcenos), em produtos de alto valor agregado de forma seletiva e controlada.

Figura 5: Esquema reacional geral da hidroformilação.



Fonte: Autor, 2026

2.3. Redução seletiva C=C de composto carbonílico α , β -insaturado

2.3.1. Método sintético

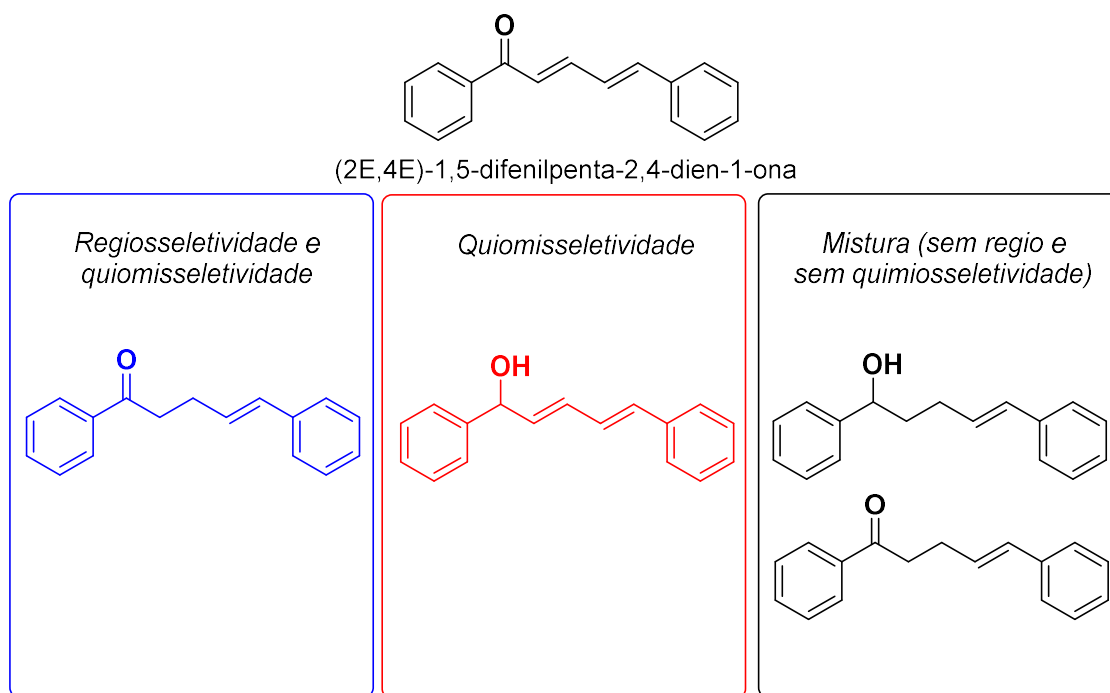
Reações seletivas podem proporcionar uma série de benefícios para futuras reações ou potencializar atividades biológicas de determinadas moléculas. Os compostos carbonílicos α , β -insaturados (chalconas), a hidrogenação, processo em que átomos de hidrogênio são fornecidos a moléculas insaturadas com o intuito de transformar essas ligações insaturadas em saturadas, são bastantes comuns de serem realizados em chalconas, seja para potencializar sua ação biológica, ou sendo um precursor facilitador para criação de uma molécula mais complexa, com outra ação biológica (Elkanzi *et al.*, 2022).

Como por exemplo o estudo realizado por Xu *et al.*, (2016), que usaram chalcona reduzida como um precursor na criação de novos derivados de tiazol 2,4,5-trissubstituídos como potenciais inibidores não nucleosídeos da transcriptase reversa do HIV-1. Onde alguns compostos mostraram atividade extremamente potente contra HIV-1 selvagem, com valores de $\text{IC}_{50} = 0,010 \mu\text{M}$ (muito melhores que o controle nevirapina, $\text{IC}_{50} \approx 2,1 \mu\text{M}$).

No entanto Ferreira, (2016) ressalta que a maior dificuldade deste tipo de reação é a quimiosseletividade, pois a redução pode variar na ligação C=C, C=O, ou até mesmo uma

mistura dos dois tipos de reação (**Figura 6**), o mesmo relata que durante décadas vários tipos de metais, como In, Pd, Rh, Ti foram usados como catalizadores nesse tipo de redução da ligação C=C de cetonas e aldeídos α , β -insaturadas

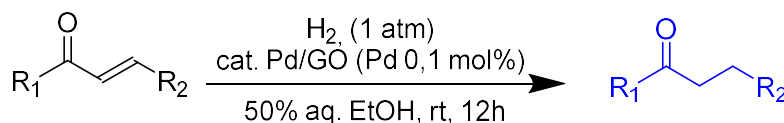
Figura 6: Possíveis transformações químicas.



Fonte: Autor, 2026

Outro exemplo foi o estudo realizado por Morimoto et al., (2013), o qual desenvolveram um sistema catalítico baseado em paládio suportado por óxido de grafeno (Pd/GO), para a redução quimiosseletiva de compostos carbonílicos α , β -insaturados (**Figura 7**). Os resultados apontaram uma alta seletividade, reduzindo apenas a ligação C=C, o catalisador permaneceu ativo mesmo após 6 meses de armazenamento em condições ambiente e o mesmo pôde ser reciclado pelo menos 5 vezes sem perda de atividade ou seletividade.

Figura 7: Esquema reacional de redução C=C.



Fonte: Autor, 2026

Apesar desses resultados significativos, o estudo ainda enfrenta limitações quanto a essas metodologias baseadas em catalisadores metálicos, como o alto custo e perda parcial do

catalizador, a possibilidade de não replicabilidade, ou perda gradual de desempenho do catalizador em escala industrial, tendo em vista que o estudo foi realizado em baixa escala.

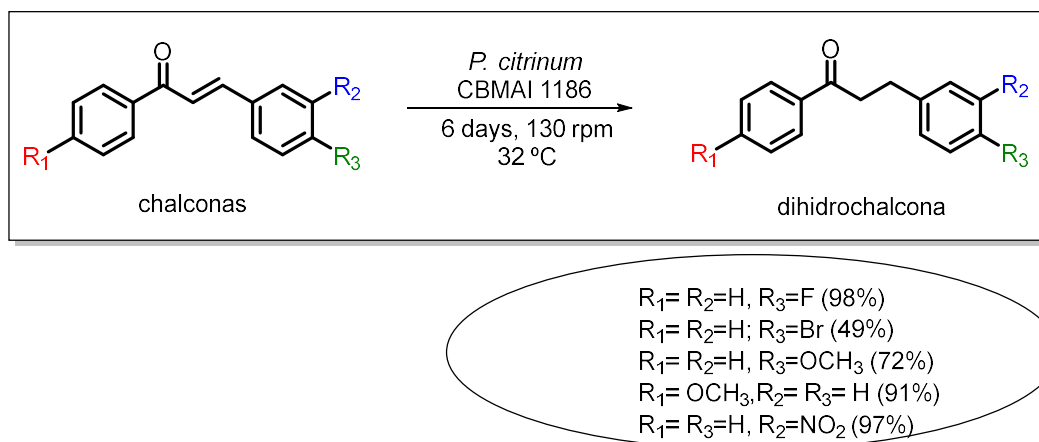
2.3.2. Método biocatalítico

Em contrapartida aos métodos sintéticos convencionais, reações biocatalíticas vem sendo cada vez mais estudadas justamente para encontrar rotas sintéticas menos nocivas para o ambiente e de preferência com reagentes de baixo custo (Sheldon, 2024). A maioria das enzimas responsáveis pela biorredução das ligações C=C, são chamadas de enoato-redutase ou eno-redutase (NADPH desidrogenase - E.C. 1.6.99.1), de forma geral essas enzimas são responsáveis por catalizar reações de oxidação-redução (Ferreira *et al.*, 2023; Ferreira, 2016).

Um exemplo desse tipo de reação é o estudo realizado por, Filippucci *et al.*, (2020), o qual teve como objetivo avaliar a capacidade de 13 espécies de leveduras não convencionais em reduzir a dupla ligação C=C presente em chalconas, transformando-as em dihidrochalconas. Ao final nove espécies demonstraram alta eficiência de conversão das chalconas, mostrando assim que essas leveduras não convencionais são uma alternativa promissora e barata ao uso de enzimas purificadas, podendo ser aplicadas na produção de compostos bioativos e adoçantes naturais.

Outro exemplo de estudo envolvendo reação biocatalítica de redução de ligação C=C, foi o de Ferreira *et al.*, (2014), onde o mesmo empregou o fungo marinho *P. citrinum* CBMAI 1186, de forma livre e imobilizado a fibroina da seda, obtendo bons resultados na conversão de chalconas em dihidrochalconas, como é possível observar na **Figura 8**.

Figura 8: Esquema reacional e resultados da redução de chalconas utilizando fungo marinho.



Fonte: Autor, 2026

2.4. Biotransformação

A expressão biotransformação pode ser aplicada às diversas modificações específicas ou interconversões da estrutura química realizadas por catalizadores bioquímicos (Brito *et al.*, 2022), porém o termo é corretamente empregado quando se utiliza de enzimas que estão contidas em células de organismos vivos, já quando, a reação envolve uma enzima que pode ser isolada, imobilizada, ou até mesmo contida em um organismo vivo, empregasse o termo de biocatálise (Mandari; Devarai, 2022).

A utilização de enzimas isoladas em reações químicas é preferível, quando existirem limitações em relação à permeabilidade do substrato na membrana da célula, ou quando ocorrem reações secundárias indesejáveis, como processos envolvendo reações de hidrólise, síntese e inter-esterificação de lipídeos por meio de lipases (Roveda; Hemkemeier; Colla, 2010).

2.5. Fungos

Os fungos são seres macroscópicos ou microscópicos, constituídos por um grupo diversificado de organismos eucariontes. São seres heterotróficos, ou seja, são incapazes de produzir seu próprio alimento (Azevedo; Barata, 2018). Sua nutrição é baseada na absorção de nutrientes provenientes da decomposição de matéria orgânica. Estruturalmente, podem ser unicelulares, como as leveduras, ou pluricelulares, formando hifas que se organizam em

micélios. Essa diversidade morfológica e fisiológica confere aos fungos uma ampla capacidade de adaptação a diferentes ambientes (Maia *et al.*, 2015).

Com a possibilidade de serem encontrados em diferentes ambientes, ao serem isolados para pesquisas, necessitam serem identificados, e para realizar a identificação desses seres, é essencial o domínio de técnicas laboratoriais específicas (Gonçalves; Henrique; Ribeiro, 2021). Como por exemplo saber que o cultivo em meios de cultura seletivos, possibilita o crescimento e a observação de características morfológicas. Uma técnica que é muito utilizada para analisar as estruturas como hifas e esporos é a microscopia, enquanto testes bioquímicos e fisiológicos permitem diferenciar espécies por suas capacidades metabólicas. Além disso, métodos moleculares, como a reação em cadeia da polimerase (PCR) e o sequenciamento de DNA, têm ampliado a precisão na identificação, tornando possível distinguir espécies morfológicamente semelhantes (Ferreira, 2020; Gonçalves; Henrique; Ribeiro, 2021).

A importância desses seres é ampla. Na natureza, atuam como decompositores, desempenhando papel crucial na ciclagem de nutrientes e na manutenção do equilíbrio ecológico (Rodrigues *et al.*, 2015). Na alimentação humana, são utilizados na produção de pães, queijos e bebidas alcoólicas, graças à ação das leveduras (Silva *et al.*, 2022). Na indústria farmacêutica, destacam-se como fonte de antibióticos, como a penicilina, e de imunossupressores (Ribeiro *et al.*, 2021; Specian *et al.*, 2014), além de serem empregados em processos biotecnológicos de fermentação e produção de enzimas (Gusmão *et al.*, 2014; Joyce Alves da Silva; Jussara do Nascimento Malta, 2016).

Entretanto, os fungos também apresentam perigos significativos. Como por exemplo, diversas espécies são responsáveis por micoses superficiais no ser humano, como o pé de atleta e a candidíase (Somenzi; Ribeiro; De Menezes, 2006), e por infecções sistêmicas potencialmente graves, como a histoplasmoze (Ferreira; Borges, 2009). Além de certos cogumelos possuírem toxinas que podem causar intoxicações fatais quando ingeridos (De Oliveira; Em Biologia, 2009). Fora o perigo ao inalar esporos acidentalmente, já que os esporos fúngicos podem desencadear alergias respiratórias (Somenzi; Ribeiro; De Menezes, 2006), representando um problema de saúde pública.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral:

- ✓ Avaliar o potencial de redução de ligação C=C de derivados de chalcona utilizando fungos filamentosos isolados de ambiente amazônico (*Aspergillus niger* CBMAI 2756 e *Talaromyces verruculosus* CBMAI 2754).

3.2. Específicos:

- ✓ Sintetizar e caracterizar os derivados da chalconas;
- ✓ Realizar ensaios qualitativos usando a técnica de cromatografia em camada delgada e aferição do ponto de fusão para avaliar o grau de pureza nos produtos obtidos;
- ✓ Caracterizar os produtos da biotransformação pela técnica CG-EM e RMN.


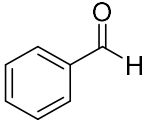
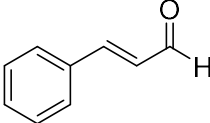
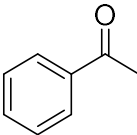
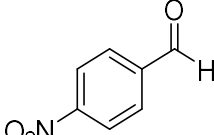
4. MATERIAIS E MÉTODOS

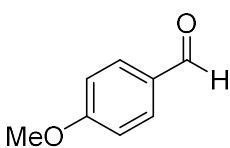
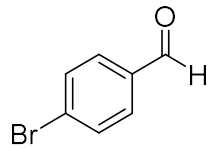
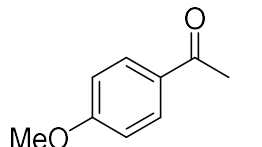
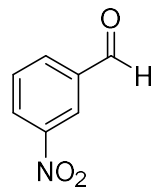
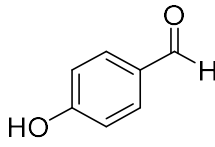
As atividades foram realizadas no laboratório de Biocatálise e Síntese Orgânica Aplicada (BIORG), localizado na Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) em parceria com o Laboratório de Química Orgânica e Biocatálise (IQSC-USP).

4.1. Síntese:

Foi realizada a síntese dos derivados das chalconas por meio de uma reação de condensação aldólica utilizando alguns derivados de cetonas e aldeídos, que podem ser visualizados na **Tabela 1**, esses materiais de partida (MP), foram adicionados com uma proporção que variou de 2,5 mmol a 5 mmol, em um balão de fundo redondo de 50 mL juntamente com 6 mL de etanol (EtOH), a mistura foi posta em agitação por um período de 5 minutos e em seguida adicionou-se cuidadosamente 2,5 mL de uma solução de hidróxido de sódio a 10% (NaOH), seguindo com a reação em agitação por 6h.

Tabela 1: Cetonas e aldeídos selecionados para a síntese dos derivados da chalcona.

CETONAS	ALDEÍDOS
 Cetona	 Benzaldeído
	 Cinnamaldeído
 Acetofenona	 4 - NO ₂ Benzaldeído

	 4 - Ome Benzaldeído
	 4 - Br Benzaldeído
 4 - Ome Acetofenona	 3 - NO ₂ Benzaldeído
	 4 - OH Benzaldeído

Transcorrido o tempo de reação, em um béquer de 250 mL adicionou-se gelo triturado suficientemente para preencher o fundo da vidraria, em seguida essa camada de gelo triturado foi revertida com 1 mL de solução de ácido clorídrico a 10% (HCl), e então o resultante da reação de 6h contida no balão foi vertida para o béquer e observou-se a formação de precipitado. Que foi filtrado a vácuo e posto para secar em um dessecador para posteriormente realizar o cálculo de rendimento através da **Equação 1**.

Equação 1: Cálculo utilizado para obter o rendimento dos produtos formados.

Onde

$$R\% = \frac{m_1}{m_2} \times 100$$

R% = Rendimento do produto em porcentagem

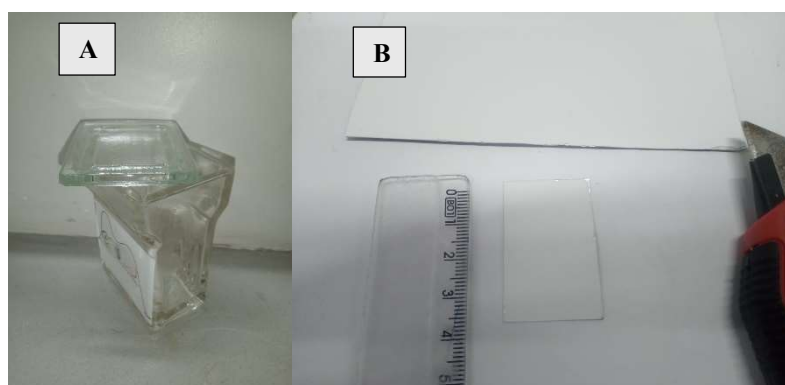
m₁ = massa experimental obtida

m₂ = massa teórica obtida

4.2. Cromatografia em Camada Delgada (CCD) e aferição do ponto de fusão

A Cromatografia em camada delgada (CCD) e aferição de ponto de fusão foram realizados como ensaios qualitativos afim de identificar a presença de impurezas nos derivados sintetizados. Para realizar a CCD, iniciou-se preparando o eluente, que foi utilizado para realizar o arrasto na placa cromatográfica, o eluente foi preparado usando uma mistura de hexano e acetato de etila, na proporção de 9:1 (9 mL de hexano e 1 mL de acetato de etila), dessa solução, cerca de 2,5 mL foi adicionada a uma cubeta com tampa similar a que pode ser visualizada na **Figura 9 A**. Em seguida, com auxílio de um estilete e régua foi recortado uma pequena área da placa cromatográfica de alumínio medindo aproximadamente 4 cm x 2,5 cm, como é possível visualizar na **Figura 9 B**

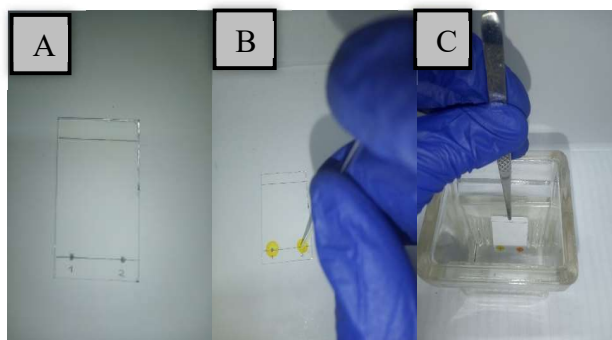
Figura 9: *Cubeta e recorte da placa cromatográfica usadas durante a CCD.*



Fonte: Autor, 2026

Na placa recortada, foi demarcada uma linha retilínea na margem superior e inferior, onde na margem inferior foi marcado pontos com espaçamento iguais que serviram como guias para gotear uma alíquota dos compostos a serem analisados, como ilustra as **Figuras 10 A e 10 B**. Para o preparo das amostras a serem analisadas, em um ependorf foi adicionada aproximadamente 5 mg de cada derivado e então feita a solubilização usando 1 mL de acetato de etila, com a placa devidamente pronta e auxílio de uma pinça, a mesma foi transferida com cuidado para a cubeta contendo o eluente, como mostra a **Figura 10 C**. Após o eluente realizar o arraste até a margem superior a placa foi retirada da cubeta e revelada sob luz ultra violeta (UV) e iodo.

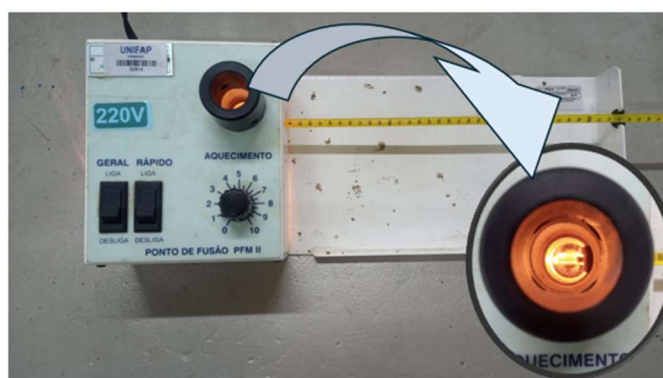
Figura 10: Sequência experimental do preparo de uma CCD.



Fonte: Autor, 2026

Para averiguar o ponto de fusão dos compostos foi retirado uma pequena fração de cada derivado usando um tubo capilar e os mesmos foram submetidos ao equipamento de ponto de fusão analógico, visualizado na **Figura 11**, com uma velocidade de aquecimento baixa, e usando um termômetro de mercúrio de 400 °C para identificar a temperatura atingida na mudança de estado dos compostos.

Figura 11: Equipamento Ponto de Fusão II, usado para aferir o ponto de fusão.



Fonte: Autor, 2026

4.3. Preparo dos catalizadores biológicos

Todos os fungos isolados do solo da mineradora de ferro, localizada na região norte do Brasil, foram identificados com base em suas características morfológicas e microscópicas, e suas identidades foram confirmadas através de sequenciamento e análise de distância genética com base em fragmentos dos genes beta-tubulina, fator de alongamento e espaçador de genes ribossômicos de todos os isolados de fungos. Estes foram avaliados utilizando a ferramenta BLAST de nucleotídeos, e os fungos foram então classificados de acordo com a similaridade de suas sequências com aquelas do banco de dados GenBank, como descreve Nóbrega et al., (2024). Para realização do cultivo e crescimento das células fúngicas, todo material utilizado

nos procedimentos foram autoclavados em autoclave á 120 °C, por 20 min, e a execução do manuseio do material biológico foi realizada em um fluxo laminar esterilizado com álcool 70% e luz UV.

Os reagentes utilizados para preparo de solução de meio de cultura foram extract de malt e saboraud dextrose ágar, ambos comprados da KASVI, o pH foi ajustado usando soluções ácidas de HCl e alcalinas de NaOH usando um pHmetro de bancada com calibração automática para pH, mV ORP e Temperatura - PHS-3E-BI da Ion Lab.

4.3.1. Cultivo em meio sólido

As cepas puras foram armazenadas em uma Demanda Bioquímica de Oxigênio (B.O.D), por um período de 24h em temperatura adequada para os microorganismos (29 °C), antes de realizar o seu manuseio, pois os mesmos ficam armazenados em um refrigerador – 4 °C.

Para o cultivo em meio sólido foi preciso preparar uma solução da mistura de ágar e malte na proporção de 3%:2% respectivamente. Essa solução foi autoclavada e em seguida vertida para placas de petri com diâmetros aproximados de 7 cm, após a solidificação desse meio, foi realizada a inoculação pondo um fragmento da cepa no centro da placa solidificada, e então as placas foram armazenadas na B.O.D e durante cinco dias, foi acompanhado o seu crescimento.

4.3.2. Cultivo em meio líquido

Com as placas de meio sólido devidamente colonizadas com os microorganismos, foi preparada 100 mL de solução a 2% de malte em um erlenmeyer de 250 mL, e posteriormente foi autoclavada para então retirar cerca de 5 fragmentos da colônia fungica de aproximadamente 1 cm de diâmetro e adicionadas ao erlenmeyer contendo a solução em temperatura ambiente, seguindo para um agitador shake com agitação de 150 rpm a 29 °C durante cinco dias até o crescimento da colônia fúngica em meio líquido.

4.4. Biotransformação e extração do produto

Apartir do crescimento da colônia em meio líquido, foi realizada uma filtração retirando cerca de 5 g de massa micelica, para posterior transferência em um erlenmeyer contendo 100 mL de solução tampão de fosfato com pH 7, preparada a partir da mistura de 0,1 M das soluções

de fosfato de sódio e fosfato de potássio na proporção de 7:3. Logo após, foi adicionado 50 mg do substrato (derivado da chalcona) solubilizado em 1 mL de dimetilsulfóxido (DMSO). A reação seguiu para agitador shake (150 rpm a 29 °C) durante sete dias.

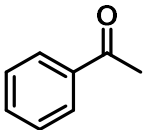
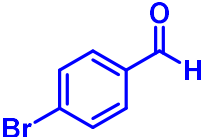
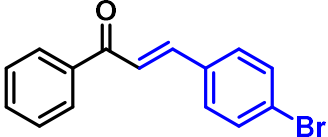
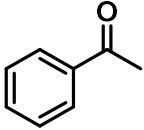
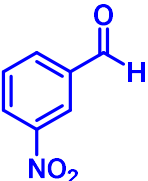
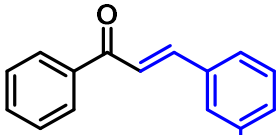
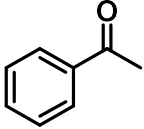
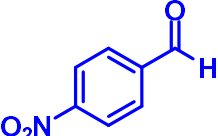
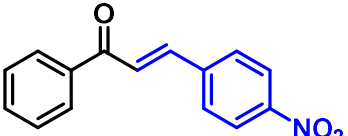
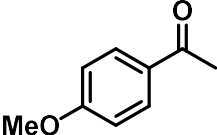
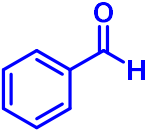
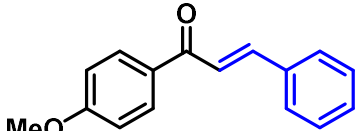
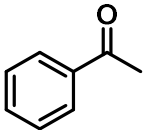
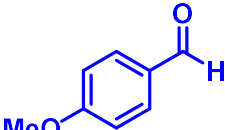
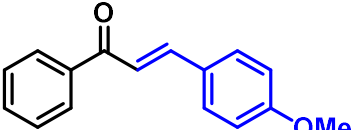
Ao final do período de agitação (7 dias), para extrair o produto da reação, foi adicionado 30 mL de acetato de etila no erlenmeyer após os 7 dias, e o mesmo foi submetido a uma agitação em um agitador magnético durante 30 min, após, realizou-se uma filtração á vácuo e com o resíduo líquido foi feita uma extração líquido – líquido usando 20 mL de acetato de etila em 3 frações, lembrando de separar a fase orgânica para posteriormente adicionar um agente secante, como o sulfato de sódio anidro, por um tempo determinado de 20 min e em seguida realizar uma filtração simples para retirada do agente secante e evaporação natural do solvente restante, obtendo ao final o produto da biotransformação, que será analisada em um cromatógrafo gasoso acoplado a um espectômetro de massas (CG-EM).

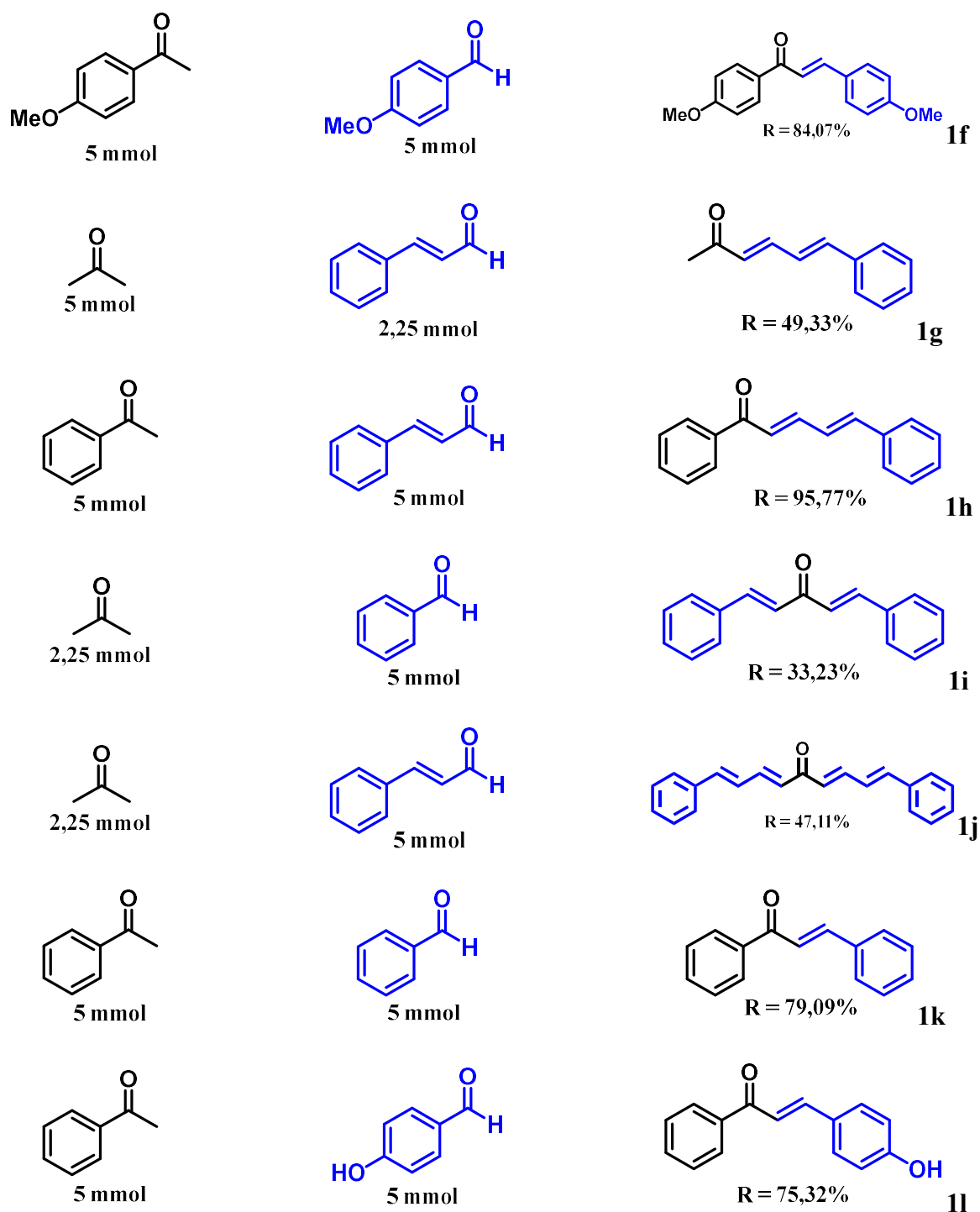
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Síntese

Foram obtidos 11 derivados de chalcona, identificados como **1a-l**, os compostos e seus MPs podem ser visualizados na **Tabela 2**, juntamente com a quantidade em mmol de MP utilizado e o rendimento final obtido no produto da reação.

Tabela 2: Síntese dos derivados da chalcona mais seu núcleo principal.

CETONA	ALDEÍDO	PRODUTO
 5 mmol	 5 mmol	 R = 89,37% 1a
 5 mmol	 5 mmol	 R = 90,01% 1b
 5 mmol	 5 mmol	 R = 79,90% 1c
 5 mmol	 5 mmol	 R = 81,39% 1d
 5 mmol	 5 mmol	 R = 82,91% 1e



Como é possível observar na **Tabela 2**, os rendimentos variaram de 33,23% à 95,77%, sendo considerado aceitável para as reações de condensação aldólica sob catálise básica. Esses valores estão em consonância com os observados por Rammohan et al., (2020) que relataram taxas de rendimentos que variaram entre 40 e 98% na síntese de chalconas substituídas por grupos halogênicos e metoxilas. Porém através da CCD foi possível constatar a presença de certas impurezas não identificáveis em alguns produtos finais, destaca-se o **1b**, **1c**, **1e**, **1f**, **1g**.

Para esses compostos contendo impurezas foi realizado o processo de recristalização com etanol (99%) à quente. As amostras foram deixadas em repouso em temperatura ambiente para evaporação completa do solvente. Para nova aferição em CCD e ponto de fusão onde demonstraram maior grau de pureza, com a aferição do ponto de fusão indicando que a recristalização foi eficaz, pois a variação da temperatura experimental com a fornecida pelo scifinder(R) foi de 1 °C á 10 °C, como mostra a **tabela 3**. Estudos como de Corrêa et al., (2011) também relataram a presença de subprodutos após a síntese de chalconas, exigindo que fosse realizada a purificação por recristalização antes de seguir com as análises espectroscópicas.

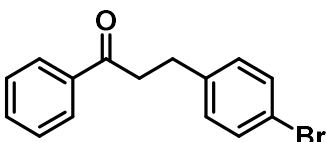
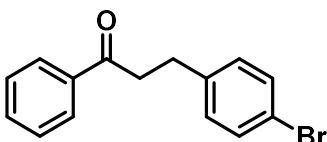
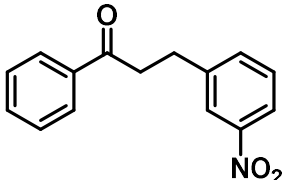
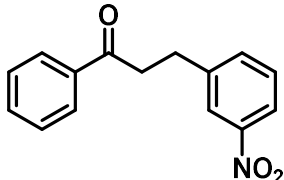
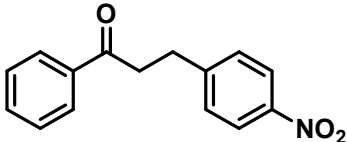
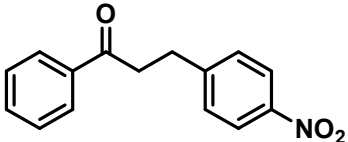
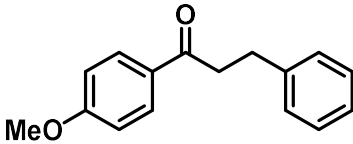
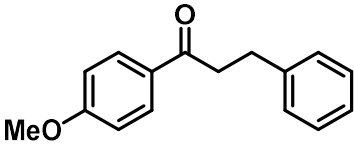
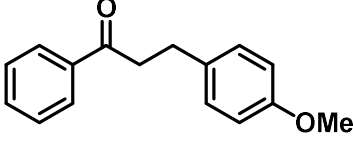
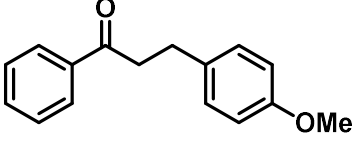
Tabela 3: Dados da aferição do ponto de fusão dos compostos após a CCD e recristalização dos compostos considerados impuros.

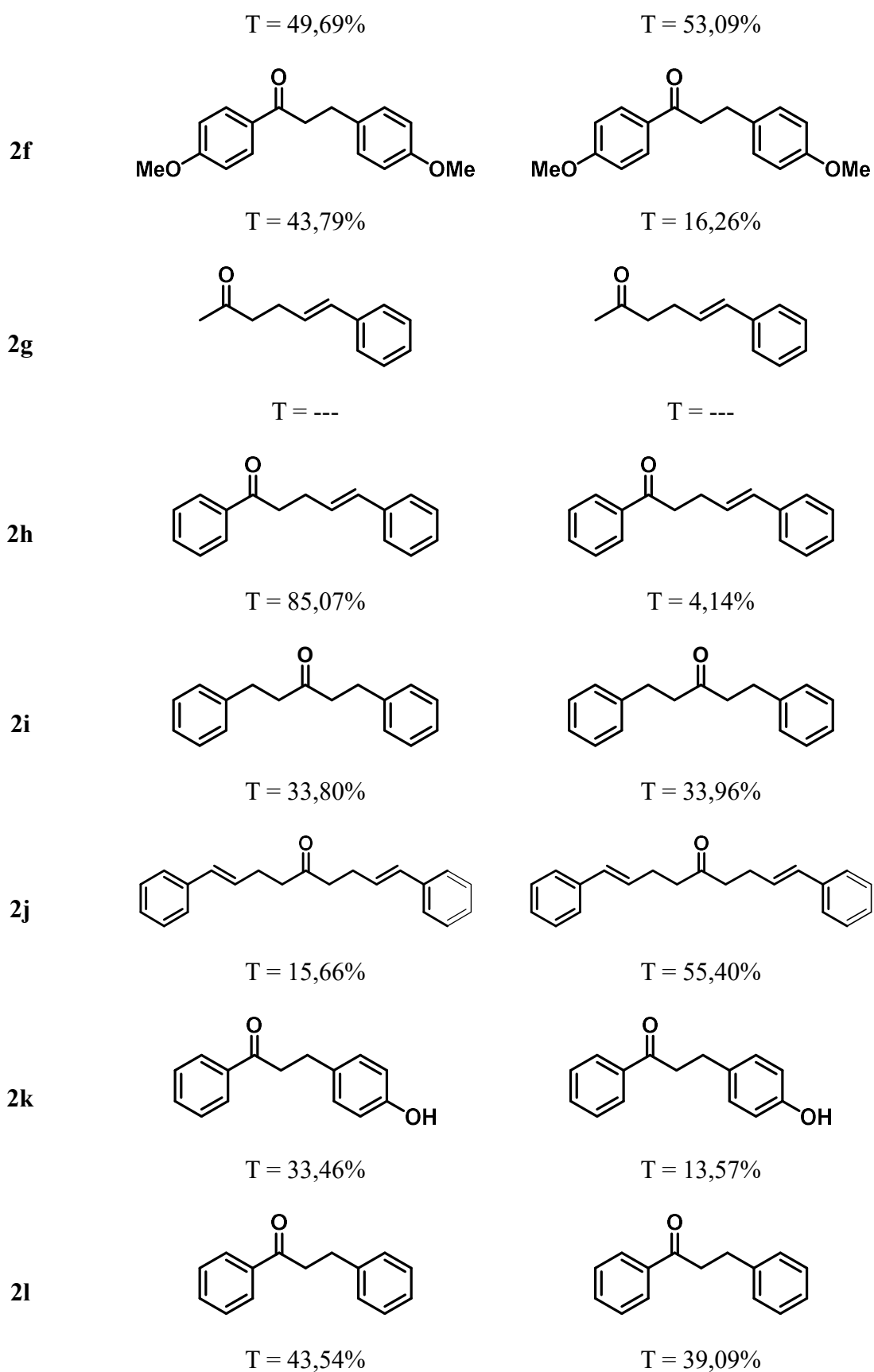
COMPOSTO	PONTO DE FUSÃO EXPERIMENTAL (°C)	PONTO DE FUSÃO INDICADO NO SCIFINDER (°C)	REFERÊNCIA
1a	110	115	(Gorman <i>et al.</i> , 2004)
1b	149	145	(Irie; Watanabe, 1980)
1c	165	161	(Irie; Watanabe, 1980)
1d	100	100	(Chaphekar; Samant, 2004)
1e	80	79	(Chaphekar; Samant, 2004)
1f	114	104	(Zheng <i>et al.</i> , 2015)
1g	73	68	(Fang; Li; Tian, 2011)
1h	94	99	(Begum <i>et al.</i> , 2011)
1i	120	122	(Vanchinathan <i>et al.</i> , 2011)
1j	140	145	(Hu <i>et al.</i> , 2004)
1k	57	55	(Budakoti; Abid; Azam, 2006)
1l	183	180	(Tomečková <i>et al.</i> , 2006)

5.2. Biotransformação

Após as reações de biotransformações dos derivados sintetizados foi verificado por análises de CG-EM que ambas as cepas investigadas nesse trabalho possuem atividade redutora, ou seja, possivelmente produzem a enzima ene-redutase, porém a *T. verreculosos* foi a que proporcionou uma melhor taxa de conversão de ligações C=C, como é possível ver ao comparar os valores obtidos de conversão na **Tabela 4**, onde estão as taxas de redução dos derivados usando a cepa *A. niger* CBMAI 2756 e os resultados usando a *T. verreculosos* CBMAI 2754.

Tabela 4: Taxa de transformação dos compostos **2a-1** obtidas através de picos de integração no cromatograma.

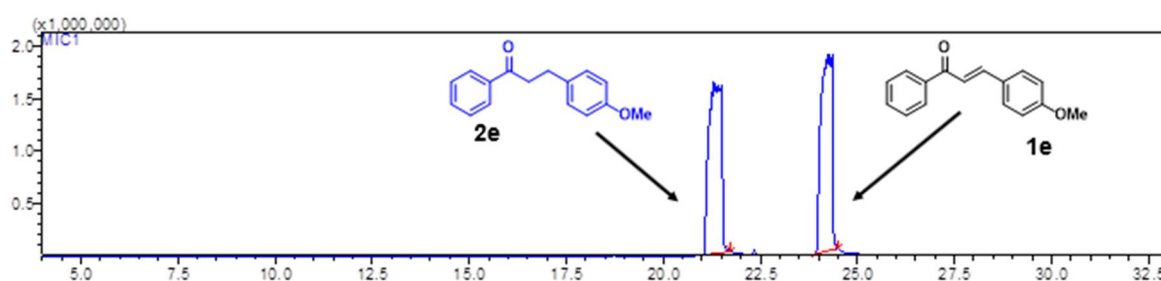
CONVERSÃO (%)		
COMPOSTO	CBMAI 2756	CBMAI 2754
2a	 T = 9,96%	 T = 16,71%
2b	 T = 4,42%	 T = 6,01 %
2c	 T = 59,20%	 T = 14,87%
2d	 T = 7,72%	 T = 16,89%
2e	 	



5.2.1. Análises espectroscópicas

As taxas de conversão foram obtidas após a integração dos picos no cromatograma usando o programa do CG-EM, como por exemplo o indicado no cromatograma da **Figura 12**, que após a integração da leitura do composto **2e**, com o tempo de retenção de 21 minutos, o composto com a ligação C=C na sua forma reduzida, aparece com a biblioteca do programa indicando uma assimilação de 88%, enquanto o segundo pico mostra uma assimilação de 87%, que após a reação de biotransformação, cerca de 53,09% do composto **2e** foi reduzido, restando 46,91% do produto inicial (**1e**).

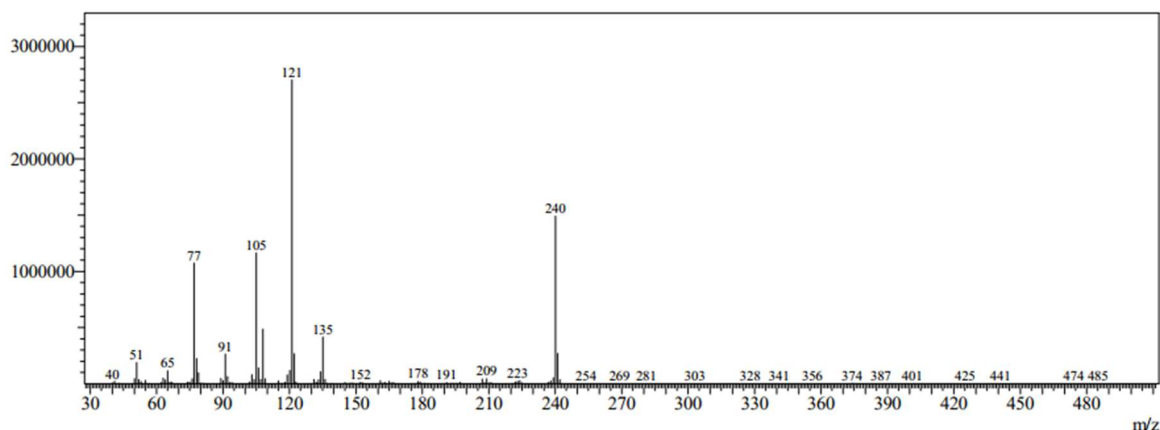
Figura 12: Cromatograma do composto **2e** após a integração dos picos ao final da reação de biotransformação usando a cepa *T. verreculosos*.



Fonte: Autor, 2026

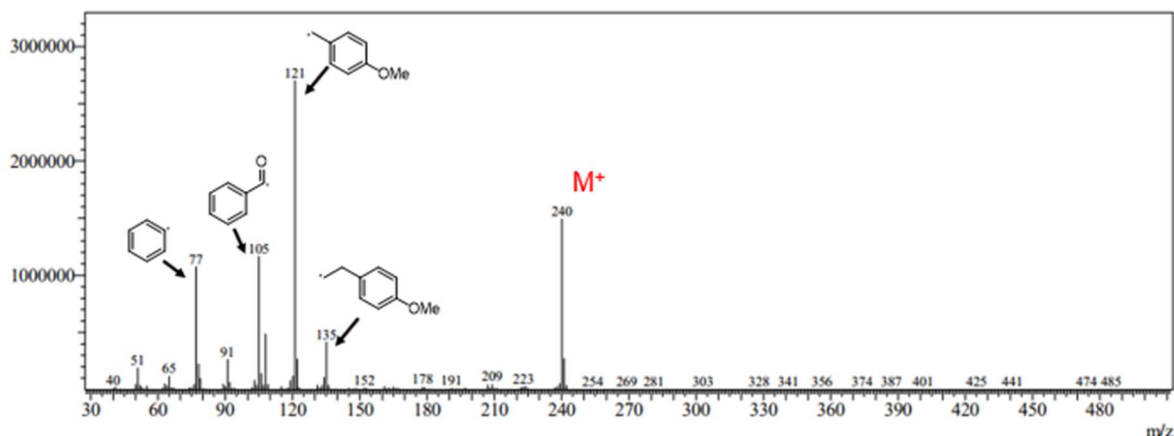
Ao analisar o espectro de massas da **Figura 13**, foi possível elucidar uma proposta de fragmentação do composto **2e**, como mostra a **Figura 14**, seguindo os principais picos apresentados no espectro, é possível ver o íon molecular de m/z 240, que se refere a molécula inicial que possui massa molecular de 240, seguindo do pico base de m/z 121, que deve se referir ao anel contendo o grupo metoxi junto do carbono β , da ligação C-C, o pico de m/z 105, que corresponde ao anel junto a carbonila, o pico de m/z 77, equivalente a fragmentação do anel, e por último o pico de m/z 135, que corresponde ao anel junto do grupo metoxi e dos carbonos α e β , todos os valores obtidos no espectro estão em concordância com o reportado por Ferreira, (2016).

Figura 13: Espectro de massas do composto **2e** usando a cepa *T. verreculosos*.



Fonte: Autor, 2026

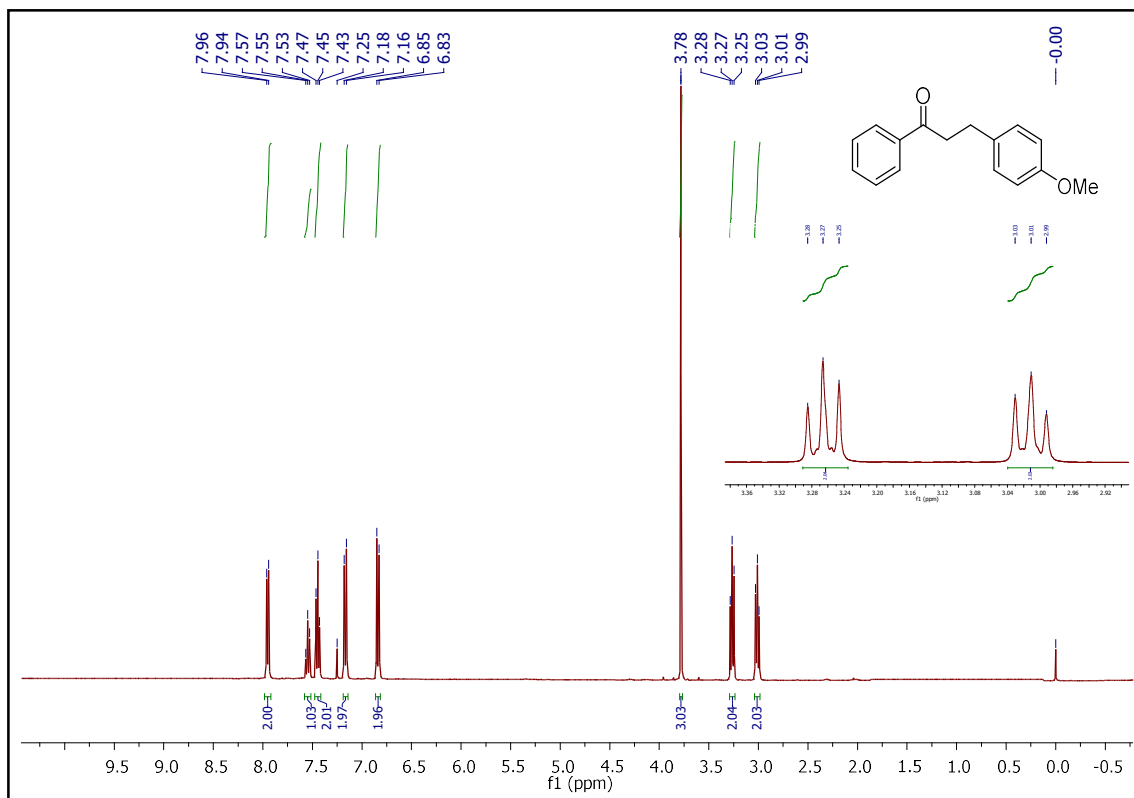
Figura 14: Espectro de massas do composto **2e** usando a cepa *T. verreculosos* contendo a proposta de fragmentação da molécula correspondente aos principais picos.



Fonte: Autor, 2026

De forma a comprovar o produto obtido após o processo de biotransformação, foi realizada análise de RMN de ^1H , dos compostos **1e** e **2e**, onde é possível notar no espectro de RMN ^1H da **Figura 15**, os principais picos característicos de protons de compostos aromáticos na região que varia de 7 a 8 ppm, e dentre os principais picos dessa área, encontra-se presente um duplo singleto que corresponde a ligação α , β -insaturada, enquanto no pico de 3.90 ppm encontra-se um singleto correspondente aos 3 H da metila ligada ao oxigênio. A formação do produto em sua forma reduzida é evidenciada ao analisar o espectro do composto **2e**, contido na **Figura 16**, onde percebe-se o deslocamento e transformação dos duplos singletos observados na **Figura 15**, agora surgindo 2 tripletos na região de 3 ppm á 3.28 referentes aos 2

Figura 16: Espectro de RMN do composto **2e** com seus picos integrados.



Fonte: Autor, 2026

5.2.2. Interpretação das taxas de conversão obtidas usando a cepa *Aspergillus niger*

As taxas de conversão obtidas utilizando a cepa *A. niger* em compostos α , β -Insaturadas contendo substituintes com grupos ativadores variaram entre 7,72% á 49,69%, indicando que a interação do substrato com o sítio ativo enzimático varia entre baixa á modera com esses grupos, como é possível observar no composto **2d**, que possui o substituinte ome no anel próximo a carbonila, apresentando uma baixa interação com sítio enzimático, já que a taxa de conversão obtida é de 7,72%, enquanto o seu isômero de posição **2e**, onde o substituinte está mais distante da carbonila, apresenta uma interação moderada, com taxa de conversão de 49,69%, já que a neutra (**2i**) apresenta uma taxa de conversão de 43,54%.

Isso provavelmente se deve a dois fatores que explicam essa interação, sendo uma, a influência eletrônica, já que o metoxi é considerado um grupo doador de elétrons por ressonância, mas também pode exercer um efeito indutivo retirador por eletronegatividade (Carey, 2000). Quando o mesmo está próximo à carbonila, ele pode estabilizar ou desestabilizar intermediários formados dependendo da reação, mas no caso da redução enzimática, essa proximidade pode dificultar o acesso ao centro reativo ou alterar a polarização da ligação C=C

α , β , tornando a mesma menos suscetível ao ataque da enzima, o que explica a baixa taxa no composto **2d**. O que não ocorre no seu isômero (**2e**), já que o efeito eletrônico do metoxi não interfere diretamente na carbonila, fazendo assim que a ligação C=C esteja mais sucessível para ação da enzima redutora. O efeito desse grupo pode ser observado em sua forma simétrica (**2f**), onde por ambos conterem grupos metoxilados nas posições *para*, ocorre uma igualdade na distribuição eletrônica sobre a carbonila e sobre a dupla C=C α , β , a simetria da molécula distribui os grupos metoxi de forma que não bloqueiam diretamente o acesso da enzima ao centro reativo, juntando esses fatores, justifica-se a sua taxa de conversão de 43,79%, tão próxima da neutra (**2i**) e do composto contendo o grupo longe da carbonila (**2e**).

Pode-se observar outro fator que deve implicar na taxa de conversão ao analisar o composto **2k**, que possui o substituinte hidroxila na posição *para*, onde apesar de ser um grupo fortemente ativador, o mesmo apresenta uma taxa de conversão de 33,46%, o que é um pouco abaixo a do composto **2e**, isso pode ser devido ao fato do grupo O-H também forma ligações de hidrogênio (Carey, 2000), o que aumenta a sua densidade eletrônica do anel, provocando assim uma interferência no reconhecimento enzimático, e por conta do desvio da densidade eletrônica para fora da região da dupla C=C, ou na interação com a carbonila, acaba sendo outro empecilho na reação.

Já nos compostos contendo grupos desativadores é observado algo similar, uma taxa de conversão que varia de 4,42% á 59,20%, ao analisarmos a taxa de conversão do composto contendo o grupo bromo (**2a**) e compararmos com os que contém o grupo nitro, vemos que o bromo tem uma taxa baixa em comparação do composto **2c**, mas um pouco elevada, em comparação com a do **2b**, essa diferença nas porcentagens de conversão podem ser explicadas por alguns fatores, como o tamanho do bromo, que é muito mais volumoso e polarizável que o grupo nitro (Carey, 2000), o que possivelmente cria barreiras físicas ao redor da carbonila ou da dupla C=C, dificultando assim a interação do substrato com o sítio ativo. Já a diferença de conversão do grupo nitro na posição meta e para, pode ser explicado por conta do grupo ao se encontrar na posição para, estará também alinhado eletronicamente com a carbonila e a dupla C=C, intensificando assim o seu efeito retirador de elétrons (Hansch; Leo; Taft, 1991), polarizando ainda mais a dupla C=C, tornando assim o ataque da enzima redutora mais eficiente. Já quando o grupo nitro se encontra na posição meta, ele está fora do eixo de ressonância direta com a carbonila e a dupla C=C, dificultando seu efeito de retirador na polarização da insaturação, o que resulta na dupla C=C menos eletrofílica, e menos reconhecível pela enzima.

Agora analisando as taxas de conversão dos compostos α , β , γ , δ -insaturados, observamos o quão seletivas essas enzimas são, já que mesmo podendo reduzir o grupo carbonila, e a insaturação da ligação C=C α , β , γ , δ , tem preferência por reduzir a ligação C=C α , β , a variação na taxa de conversão de 15,66% á 87,07%, é explicável por dois fatores, sendo eles a acessibilidade da dupla α , β e o reconhecimento enzimático.

Observando a taxa de conversão de 85,07% do composto **2h** e comparando com a taxa de 15,66% do composto **2j**, nota-se uma grande variação de conversão, essa variação se deve ao fato da ligação C=C α , β está em condições favoráveis para reação, como está com um distanciamento ideal da carbonila e dos anéis aromáticos, provoca uma reatividade localizada, tornando assim a polarização da dupla C=C α , β mais eficiente que a C=C γ , δ (Costa *et al.*, 2022). Já no composto **2j**, a ligação C=C está localizada em um sistema que é muito mais estável para a reação, o que dificulta sua interação com o sítio ativo enzimático, além de gerar uma ambiguidade no sítio de ataque, pois ao apresentar duas duplas C=C α , β -insaturadas, o reconhecimento enzimático não é tão focalizado como na **2h** que apresenta apenas uma ligação C=C α , β -insaturada, o que dificulta ainda mais a reação de acontecer, pois ocorre uma competição entre qual dupla α , β irá ser reduzida. Isso é evidenciado ainda mais ao observar a taxa de conversão de 33,80% do composto **2i**, onde a sua baixa conversão em comparação com **2h** se deve justamente ao reconhecimento enzimático não focalizado, ocorrendo disputa entre qual dupla será reduzida.

5.2.3. Interpretação das taxas de conversão obtidas usando a cepa *Talaromyces verruculosus*

Ao analisar os resultados obtidos nas reações utilizando a cepa *T. verruculosus*, é possível notar uma similaridade na influência dos substituintes com as obtidas na reação usando a cepa *A. niger*, como por exemplo uma menor taxa de conversão no composto **2d**, que contém o substituinte próximo a carbonila, e moderada taxa de conversão no seu isômero **2e**, cujo substituinte se encontra distante da carbonila, assim como o composto **2b**, com substituinte nitro na posição meta, que apresenta uma taxa de conversão menor do que a do composto **2c** contendo nitro na posição para, e o composto **2k**, que contém o grupo O-H, que apresentou uma baixa taxa de conversão devido aos fatores mencionados anteriormente.

No entanto também ocorreram algumas mudanças divergentes nos resultados usando a cepa *T. verruculosus* em comparação com a cepa *A. niger*, como por exemplo o composto **2a**, que após a reação usando a cepa *T. verruculosus*, apresentou uma taxa de conversão levemente maior que a do **2c**, assim como o composto **2f**, que contém o grupo ome nos dois anéis

aromáticos apresentando uma taxa similar a do composto **2d**, que possui o grupo ome próximo a carbonila, resultado que difere do obtido usando a cepa *A. niger*, que possui uma diferença significativa nas taxas de conversão. Isso ocorre justamente por conta de afinidade enzimática, cada cepa tem enzimas com seletividades diferentes, e a cepa do *T. verruculosus* parece possuir uma boa adaptação com relação aos substituintes moderados.

Comportamento similar é observado ao analisar os compostos **2h**, **2i** e **2j**, onde parece ocorre o oposto ao que é mencionado usando a cepa *A. niger*, evidenciando que as enzimas contidas na cepa do *T. verruculosus* possuem uma maior tolerância estérica no seu sítio ativo, além de favorecer substratos mais flexíveis e longos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação acerca da capacidade redutora, utilizando fungos filamentosos, mostrou que ambos, tanto *Talaromyces verruculosus* quanto *Aspergillus niger*, possuem atividade de redução de derivados de chalconas, evidenciando sua seletividade na reação. Porém o fungo *T. verruculosus* destacou-se por apresentar maior taxa de conversão em comparação ao *A. niger*, devido a ação enzimática, possuir uma maior adaptação em relação a especificações dos substratos. Quanto aos espectros, no resultado relacionado ao composto **2g** revelou-se uma anormalidade, sendo necessária uma nova análise. Contudo, os resultados obtidos ao final desse trabalho evidenciam o grande potencial biotecnológico dos fungos filamentosos isolados em solo da região amazônica.

Para consolidação dos resultados obtidos e perspectivas futuras, será necessário a caracterização dos compostos sintetizados e biotransformados, por meio das técnicas de espectrometria de Resonância Magnética Nuclear e Infravermelho por Transformada de Forrier, além de aplicar variações em algumas condições, como temperatura, pH e massa de substrato, durante o processo de biotransformação

REFERÊNCIAS

ADHIKARI, Suman *et al.* **Pharmacological potential of natural chalcones: a recent studies and future perspective.** [S. l.]: Frontiers Media SA, 2025.

ALIMI, Oyekunle Azeez *et al.* The synthesis of Aspirin and Acetobromo- α -D-glucose using 3D printed flow reactors: an undergraduate demonstration. **Journal of Flow Chemistry**, [s. l.], vol. 12, n^o 3, p. 265–274, 2022.

AZEVEDO, Egídia; BARATA, Margarida. Diversidade no reino Fungi e aplicações à Indústria. **Revista de Ciência Elementar**, [s. l.], vol. 6, n^o 4, 2018. Disponível em: <http://rce.casadasciencias.org/art/2018/077>.

BEGUM, Naznin A. *et al.* Mosquito larvicidal studies of some chalcone analogues and their derived products: Structure-activity relationship analysis. **Medicinal Chemistry Research**, [s. l.], vol. 20, n^o 2, p. 184–191, 2011.

BRITO, Henrique *et al.* Bioprocessos e Biotecnologia - Cap 5: BIOTRANSFORMAÇÃO E BIOCATÁLISE. *In*: [S. l.]: [s. d.], 2022. p. 35.

BUDAKOTI, Asha; ABID, Mohammad; AZAM, Amir. Synthesis and antiamoebic activity of new 1-N-substituted thiocarbamoyl-3,5-diphenyl-2-pyrazoline derivatives and their Pd(II) complexes. **European Journal of Medicinal Chemistry**, [s. l.], vol. 41, n^o 1, p. 63–70, 2006.

CAREY, Francis A.. **Química orgânica. Vol. 1 (7a. ed.).** [S. l.]: Grupo A - AMGH, 2000.

CARLOS, Mariana Falcão Lopes P.; ECHEVARRIA, Aurea. CHALCONES IN TEACHING EXPERIMENTAL ORGANIC CHEMISTRY IN THE CONTEXT OF GREEN CHEMISTRY. **Química Nova**, [s. l.], vol. 47, n^o 5, 2024.

CHAPHEKAR, Sachin S.; SAMANT, Shriniwas D. Novel gel-entrapped base catalysts for the Claisen-Schmidt reaction. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, [s. l.], vol. 79, n^o 7, p. 769–773, 2004.

CHENG, Zhi-Jiao *et al.* **Brousochalcone A, a potent antioxidant and effective suppressor of inducible nitric oxide synthase in lipopolysaccharide-activated macrophages.** [*S. l.*]: [*s. d.*], 2001.

CORRÊA, Marivaldo J C *et al.* **Biotransformation of Chalcones by the Endophytic Fungus *Aspergillus flavus* Isolated from *Paspalum maritimum* Trin**Article J. Braz. Chem. Soc. [*S. l.*]: [*s. d.*], 2011.

COSTA, Paulo. *et al.* **The chemistry of carbonyl compounds and derivatives.** [*S. l.*]: Royal Society of Chemistry, 2022.

CURTOLO, Felipe. **Reaction mechanisms of flavins and flavoproteins from an electronic-structure perspective.** 2022. - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

DE OLIVEIRA, Paulo; EM BIOLOGIA, Doutorado. Artigos de Revisão Intoxicação por ingestão de cogumelos Mushroom poisoning. **Medicina Interna**, [*s. l.*], vol. 16, 2009.

DE QUEIROZ, Thayane Melo; ELLENA, Javier; PORTO, André L.M. Biotransformation of Ethinylestradiol by Whole Cells of Brazilian Marine-Derived Fungus *Penicillium oxalicum* CBMAI 1996. **Marine Biotechnology**, [*s. l.*], vol. 22, nº 5, p. 673–682, 2020.

DIAS, Lucas D *et al.* Artigos Convidados Hidroformilação: um Marco Histórico na Catálise Homogênea. **Revista Processos Químicos**, [*s. l.*], 2014.

DÍAZ-TIELAS, C. *et al.* Atividades Biológicas e Novas Aplicações das Chalconas. **Planta Daninha**, [*s. l.*], vol. 34, nº 3, p. 607–616, 2016.

ELKANZI, Nadia A.A. *et al.* **Synthesis of Chalcones Derivatives and Their Biological Activities: A Review.** [*S. l.*]: American Chemical Society, 2022.

FANG, Fan; LI, Yuan; TIAN, Shi Kai. Stereoselective olefination of N-sulfonyl imines with stabilized phosphonium ylides for the synthesis of electron-deficient alkenes. **European Journal of Organic Chemistry**, [*s. l.*], nº 6, p. 1084–1091, 2011.

FERREIRA, Irlon Maciel *et al.* Chemoselective reduction of chalcones by whole hyphae of marine fungus *Penicillium citrinum* CBMAI 1186, free and immobilized on biopolymers. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s. l.], vol. 3, n° 4, p. 358–364, 2014.

FERREIRA, Irlon M. *et al.* Ene-reductases: Contribution from Brazilian fungi in organic synthesis. **Results in Chemistry**, [s. l.], vol. 5, 2023.

FERREIRA, Irlon Maciel. **Imobilização do fungo <i>Penicillium citrinum</i> CBMAI 1186 e lipase de <i>Pseudomonas fluorescens</i> em biopolímeros para aplicações em biocatálise**. 2016. - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

FERREIRA, Tatiane Ninos. **OCORRÊNCIA DE *Neocosmospora bostrycoides* E *N. falciformes*, NO BRASIL, E CARACTERIZAÇÃO DE ESPÉCIES DE *Fusarium* e *Neocosmospora* ASSOCIADAS A FUSARIOSE DO MARACUJAZEIRO NO SUBMÉDIO DO VALE SÃO FRANCISCO**. [S. l.]: [s. d.], 2020.

FERREIRA, Marcelo Simão; BORGES, Aécio Sebastião. Histoplasmose. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, [s. l.], vol. 42, n° 2, p. 192–198, 2009.

FILIPPUCCI, Sara *et al.* Non-conventional yeasts as sources of ene-reductases for the bioreduction of chalcones. **Fermentation**, [s. l.], vol. 6, n° 1, 2020.

FUSTER, Valentin; SWEENEY, Joseph M. **Aspirin: A historical and contemporary therapeutic overview**. [S. l.]: [s. d.], 2011.

GONÇALVES, Carollina; HENRIQUE, Samuel; RIBEIRO, Roque. **TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO FÚNGICA: revisão de literatura**. [S. l.]: [s. d.], 2021.

GORMAN, Aoife *et al.* In vitro demonstration of the heavy-atom effect for photodynamic therapy. **Journal of the American Chemical Society**, [s. l.], vol. 126, n° 34, p. 10619–10631, 2004.

GUSMÃO, R O *et al.* **Produção de enzimas por *Aspergillus spp.* sob fermentação em estado sólido em casca de café.** [S. l.]: [s. d.], 2014. Disponível em: www.scienciaplena.org.br/16202-1.

HANSCH, Corwin; LEO, A; TAFT, R W. **A Survey of Hammett Substituent Constants and Resonance and Field Parameters** *Chem. Rev.* **1BBl.** [S. l.]: [s. d.], 1991.

HERIBERTO RODRIGUES BITENCOURT *et al.* **Processos Químicos e Biotecnológicos - Volume 6.** [S. l.]: Editora Poisson, 2020.

HU, Zhi Guo *et al.* Synthesis of α , α' -bis(Substituted Benzylidene)Ketones Catalysed by a SOCl_2 /EtOH reagent. **Journal of Chemical Research**, [s. l.], vol. 2004, n° 1, p. 55–56, 2004.

IRIE, Kazuo; WATANABE, Ken-ichi. Aldol Condensations with Metal(II) Complex Catalysts. **Bulletin of the Chemical Society of Japan**, [s. l.], vol. 53, n° 5, p. 1366–1371, 1980.

IWASAKI, Takanori; NOZAKI, Kyoko. Counterintuitive chemoselectivity in the reduction of carbonyl compounds. **Nature Reviews Chemistry**, [s. l.], vol. 8, n° 7, p. 518–534, 2024.

JASIM, Hiba A. *et al.* **Chalcones: Synthetic chemistry follows where nature leads.** [S. l.]: MDPI AG, 2021.

JOYCE ALVES DA SILVA, Camila; JUSSARA DO NASCIMENTO MALTA, Diana. A IMPORTÂNCIA DOS FUNGOS NA BIOTECNOLOGIA. **Ciências biológicas e da saúde**, [s. l.], vol. 2, p. 46–66, 2016.

KAMI, Aline Tiemi; VIDIGAL, Camila Borecki; MACEDO, Christiane de Souza Guerino. Influência das fases do ciclo menstrual no desempenho funcional de mulheres jovens e saudáveis. **Fisioterapia e Pesquisa**, [s. l.], vol. 24, n° 4, p. 356–362, 2017.

LENARDÃO, Eder João *et al.* “Green chemistry”: os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**, [s. l.], vol. 26, n° 1, p. 123–129, 2003.

LEWINSOHN, Thomas M.; PRADO, Paulo I. **How Many Species Are There in Brazil?** [*S. l.*]: [*s. d.*], 2005.

LI, Jingfen *et al.* Design, synthesis, biological evaluation, and molecular docking of chalcone derivatives as anti-inflammatory agents. **Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters**, [*s. l.*], vol. 27, n° 3, p. 602–606, 2017.

LIMA, Urgel de Almeida. *et al.* **Biotecnologia industrial : processos fermentativos e enzomáticos.** [*S. l.*]: Blucher, 2001.

MAIA, Leonor C. *et al.* Diversity of Brazilian Fungi. **Rodriguésia**, [*s. l.*], vol. 66, n° 4, p. 1033–1045, 2015.

MANDARI, Venkatesh; DEVARAI, Santhosh Kumar. **Biodiesel Production Using Homogeneous, Heterogeneous, and Enzyme Catalysts via Transesterification and Esterification Reactions: a Critical Review.** [*S. l.*]: Springer, 2022.

MATOS, Maria J. *et al.* Chemo- and Regioselective Lysine Modification on Native Proteins. **Journal of the American Chemical Society**, [*s. l.*], vol. 140, n° 11, p. 4004–4017, 2018.

MOHAMAD, A. S. *et al.* Antinociceptive activity of a synthetic chalcone, flavokawin B on chemical and thermal models of nociception in mice. **European Journal of Pharmacology**, [*s. l.*], vol. 647, n° 1–3, p. 103–109, 2010.

MORIMOTO, Naoki *et al.* Palladium on graphene: The in situ generation of a catalyst for the chemoselective reduction of α,β -unsaturated carbonyl compounds. **RSC Advances**, [*s. l.*], vol. 3, n° 36, p. 15608–15612, 2013.

NÓBREGA, Patrícia de Almeida *et al.* Isolation and Identification of Iron, Chromium, and Manganese Tolerant Filamentous Fungi from Mining Soil. **Current Biotechnology**, [*s. l.*], vol. 13, n° 3, p. 174–184, 2024.

PINTO, Caroline Virgílio *et al.* AVANÇOS NO DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DO CÂNCER DE MAMA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA . **Revista ft**, [s. l.], vol. 29, nº 145, p. 45–46, 2025.

RAMMOHAN, Aluru *et al.* Chalcone synthesis, properties and medicinal applications: a review. **Environmental Chemistry Letters**, [s. l.], vol. 18, nº 2, p. 433–458, 2020.

RIBEIRO, Aline Corrêa *et al.* Farmácia clínica: transformação do profissional farmacêutico. **Revista Científica do UBM**, [s. l.], p. 112–123, 2021.

RIVA, S. Regioselectivity of hydrolases in organic media. *In*: KOSKINEN, A M P; KLIBANOV, A M (orgs.). **Enzymatic Reactions in Organic Media**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1996. p. 140–169. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-011-0611-5_6.

ROCHA, Eduardo C.S. *et al.* **LATE-STAGE FUNCTIONALIZATION OF C—H BONDS IN ORGANIC SYNTHESIS**. [S. l.]: Sociedade Brasileira de Química, 2023.

RODRIGUES, Domingos de Jesus *et al.* **Biodiversidade do Parque estadual Cristalino**. [S. l.]: Áttema Editorial, 2015.

ROVEDA, Mirela; HEMKEMEIER, Marcelo; COLLA, Luciane Maria. Avaliação da produção de lipases por diferentes cepas de microrganismos isolados em efluentes de laticínios por fermentação submersa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], vol. 30, nº 1, p. 126–131, 2010.

SCHNEIDER DA LUZ, Leslie Tauany *et al.* Avaliação e otimização das condições de obtenção do ácido acetilsalicílico para fins didáticos. **Educación Química**, [s. l.], vol. 30, nº 2, p. 54, 2019.

SHELDON, Roger Arthur. Green chemistry and biocatalysis: Engineering a sustainable future. **Catalysis Today**, [s. l.], vol. 431, p. 114571, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920586124000658>.

SILVA, Chirley Gonçalves da *et al.* RIQUEZA DE FUNGOS COMESTÍVEIS NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL LAGO DO AMAPÁ. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, [s. l.], p. 20–27, 2022.

SOMENZI, Carlos César; RIBEIRO, Tatyana Sampaio; DE MENEZES, Alexandre. Características Particulares da Micologia Clínica e o Diagnóstico Laboratorial de Micoses Superficiais. **NewsLab**, [s. l.], p. 106–118, 2006.

SORNAY, Charlotte *et al.* **An overview of chemo- and site-selectivity aspects in the chemical conjugation of proteins**. [S. l.]: Royal Society Publishing, 2022.

SPECIAN, Vânia *et al.* **Metabólitos Secundários de Interesse Farmacêutico Produzidos por Fungos Endofíticos Secondary Metabolites Produced by Endophytic Fungi of Pharmaceutical Interest** UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde. [S. l.]: [s. d.], 2014.

SUEHARA, Marcelo Batista; SILVA, Mayara Cristina Pinto da. Prevalência de fungos anemófilos no Brasil e a correlação com doenças respiratórias e infecções fúngicas. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s. l.], vol. 28, nº 11, p. 3289–3300, 2023.

TOMEČKOVÁ, Vladimíra *et al.* Comparison of the effects of selected chalcones, dihydrochalcones and some cyclic flavonoids on mitochondrial outer membrane determined by fluorescence spectroscopy. **Journal of Biochemical and Biophysical Methods**, [s. l.], vol. 69, nº 1–2, p. 143–150, 2006.

VALENCIA, Estela Y.; CHAMBERGO, Felipe S. Mini-review: Brazilian fungi diversity for biomass degradation. **Fungal Genetics and Biology**, [s. l.], vol. 60, p. 9–18, 2013.

VANCHINATHAN, K. *et al.* Synthesis, crystal growth and characterization of 1,5-diphenylpenta-1,4- dien-3-one: An organic crystal. **Physica B: Condensed Matter**, [s. l.], vol. 406, nº 22, p. 4195–4199, 2011.

WINKLER, Christoph K.; FABER, Kurt; HALL, Mélanie. **Biocatalytic reduction of activated C[dbnd]C-bonds and beyond: emerging trends**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2018.

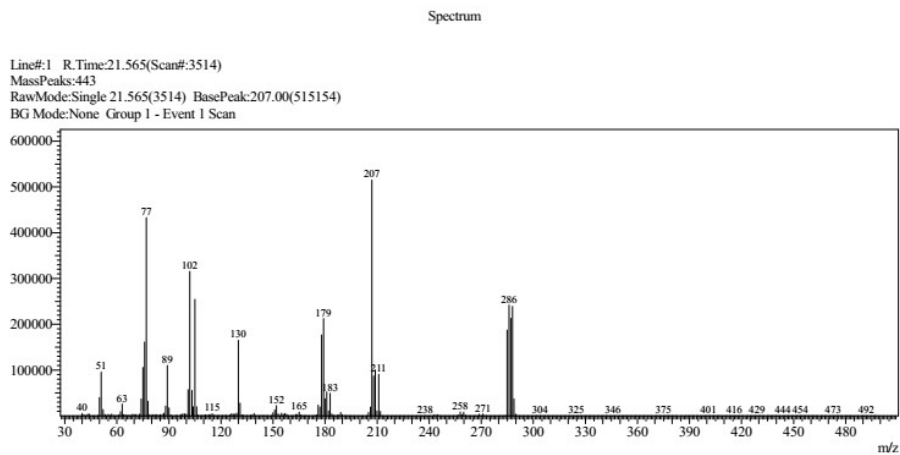
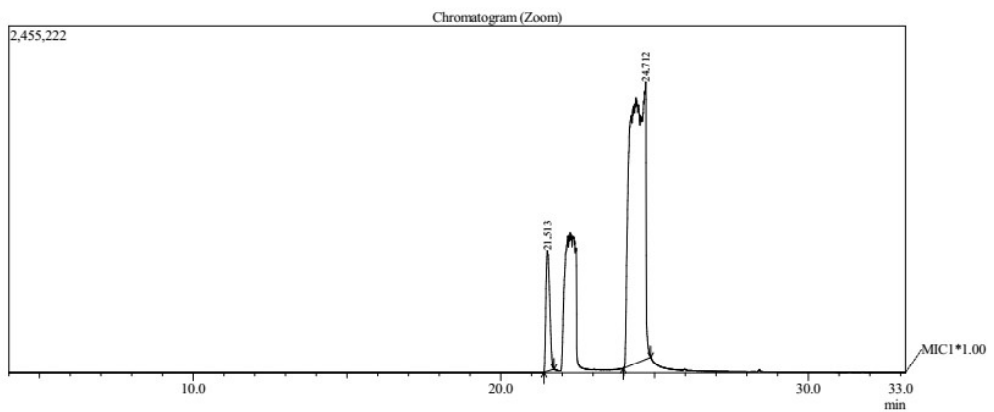
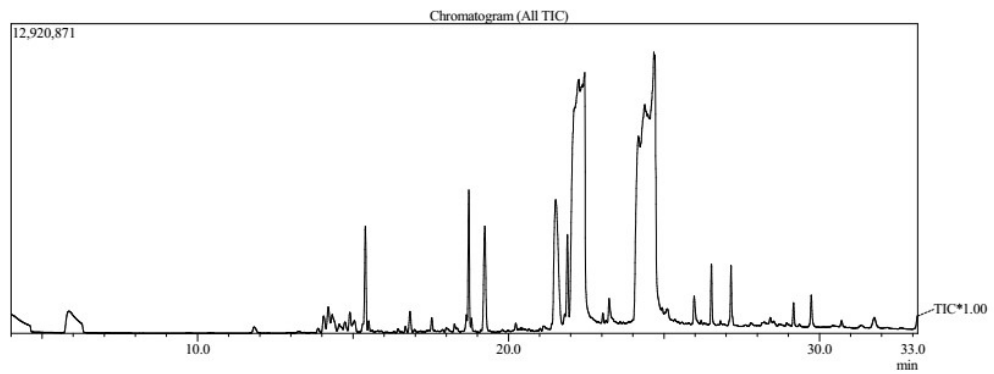
XU, Zhongliang *et al.* 2,4,5-Trisubstituted thiazole derivatives as HIV-1 NNRTIs effective on both wild-type and mutant HIV-1 reverse transcriptase: Optimization of the substitution of positions 4 and 5. **European Journal of Medicinal Chemistry**, [s. l.], vol. 123, p. 309–316, 2016.

ZHENG, Yuanyuan *et al.* Synthesis and antifungal activity of chalcone derivatives. **Natural Product Research**, [s. l.], vol. 29, n° 19, p. 1804–1810, 2015.

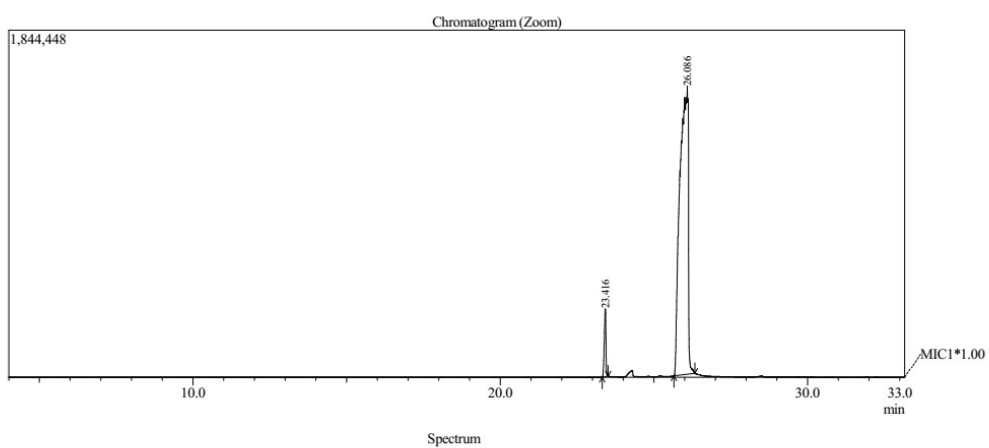
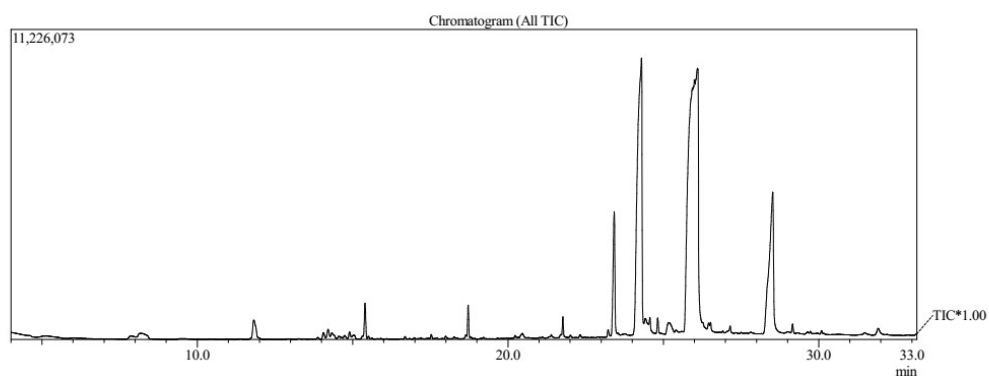
7. ANEXOS

7.1. Espectros de CG-EM dos compostos biotransformados (*Aspergillus niger*).

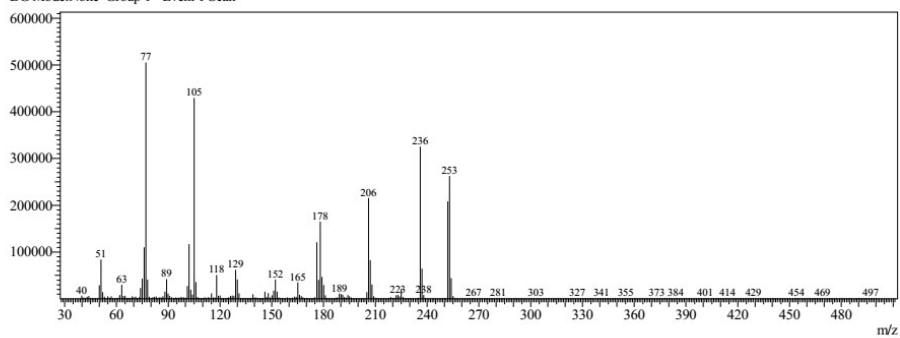
7.1.1. Composto 2a



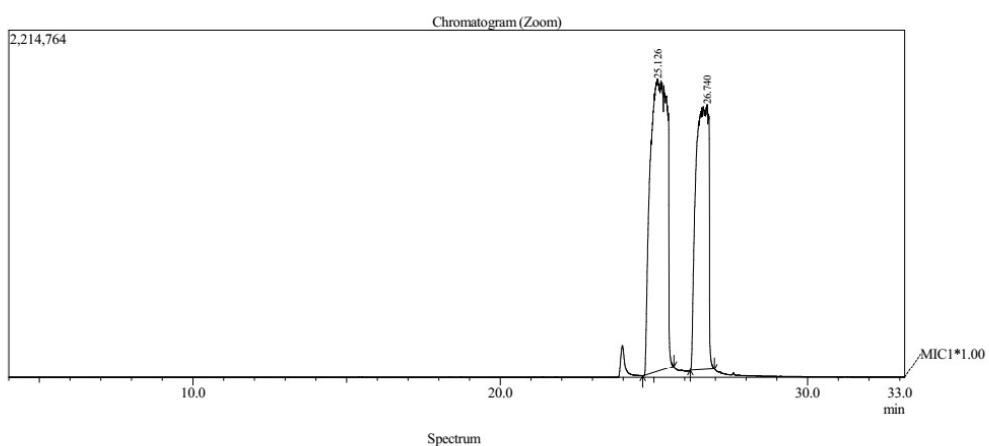
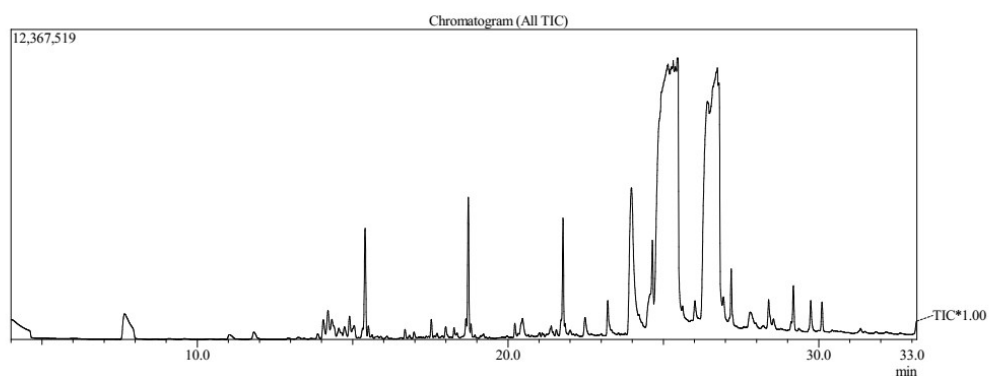
7.1.2. Composto 2b



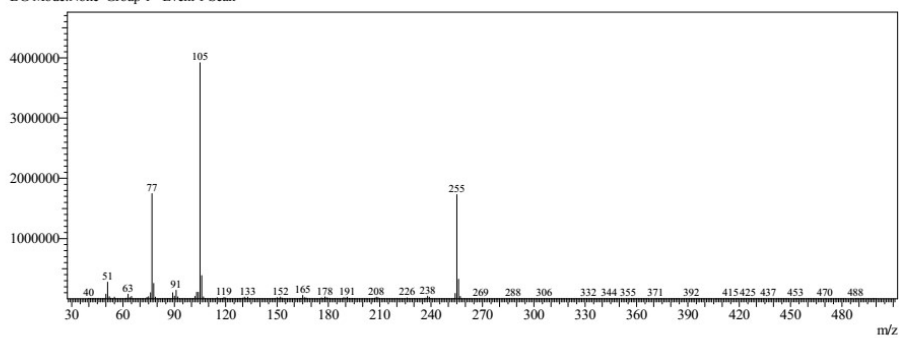
Line#:1 R. Time:23.400(Scan#:3881)
MassPeaks:455
RawMode:Single 23.400(3881) BasePeak:77.00(504876)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan



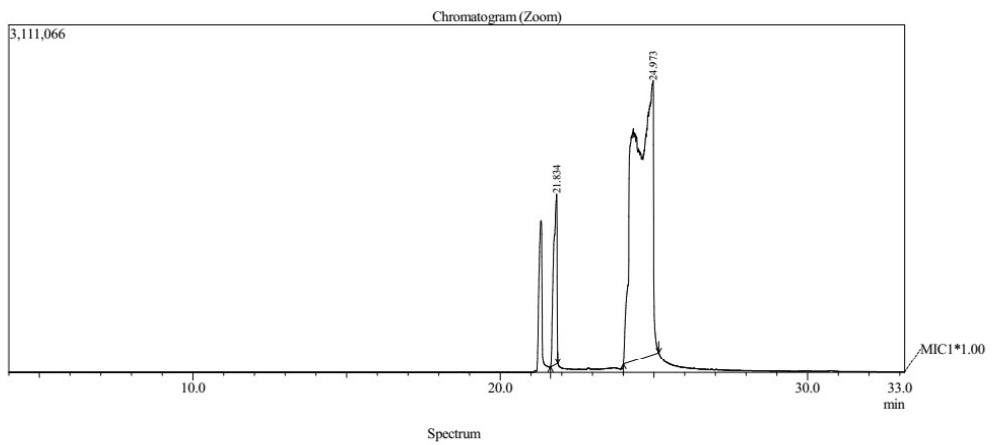
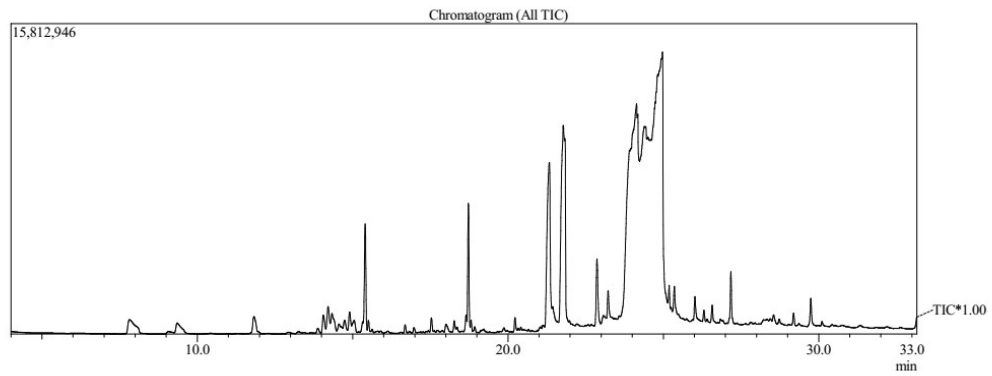
7.1.3. *Composto 2c*



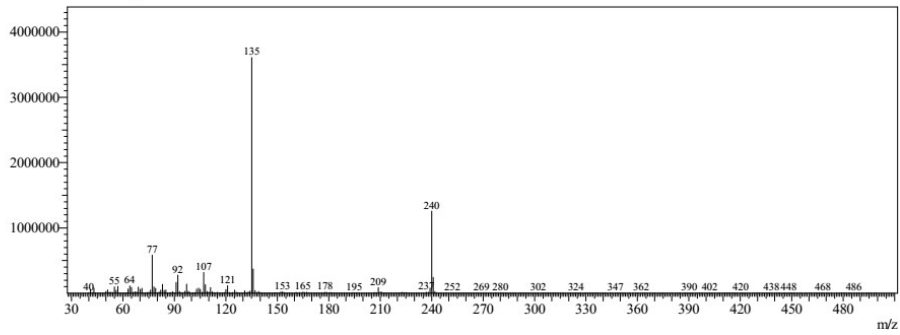
Line#:1 R. Time:25.280(Scan#:4257)
MassPeaks:443
RawMode:Single 25.280(4257) BasePeak:105.05(3918857)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan



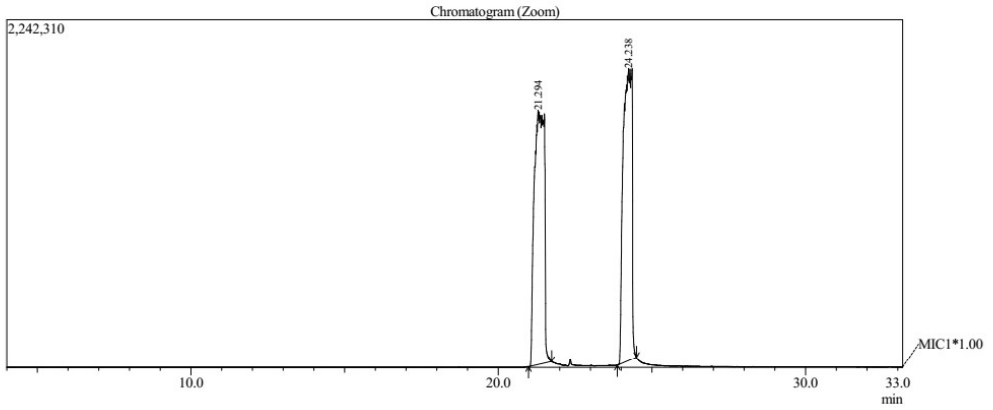
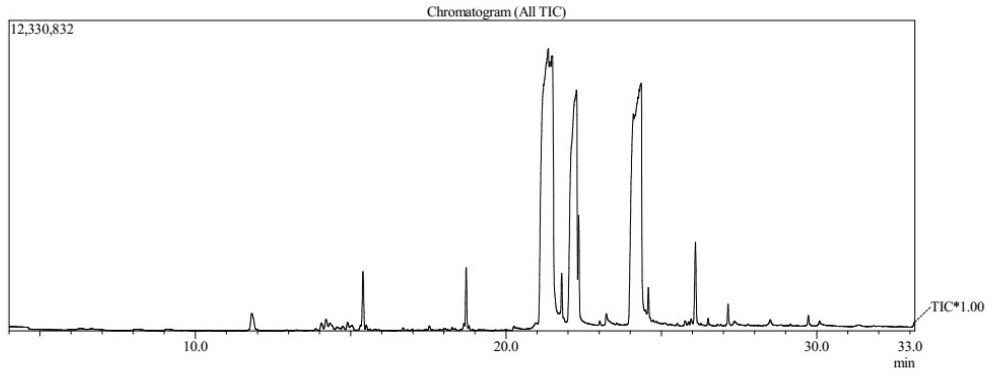
7.1.4. *Composto 2d*



Line#:1 R.Time:21.790(Scan#:3559)
MassPeaks:411
RawMode:Single 21.790(3559) BasePeak:135.05(3610739)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan

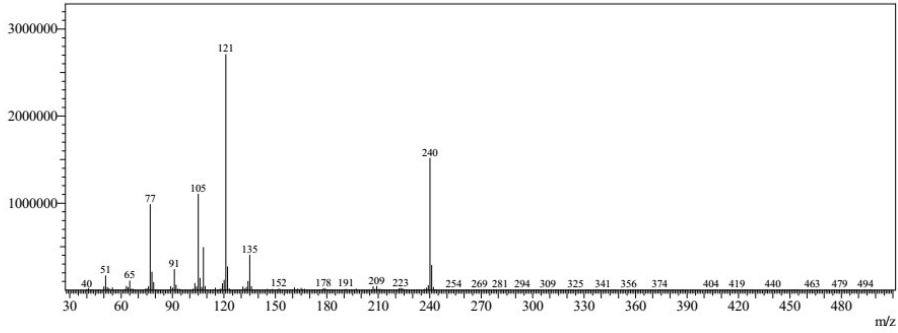


7.1.5. *Composto 2e*

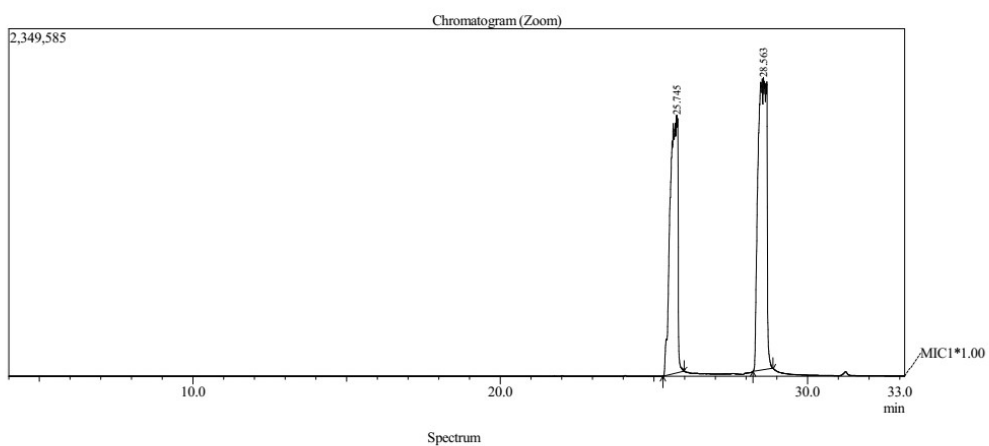
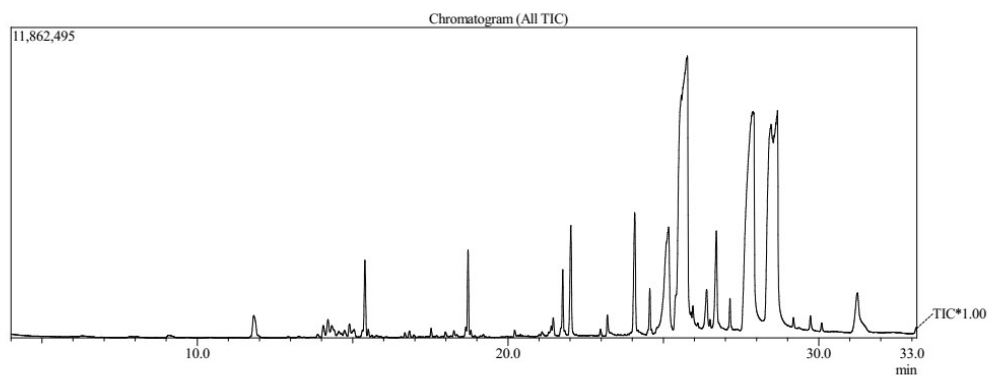


Spectrum

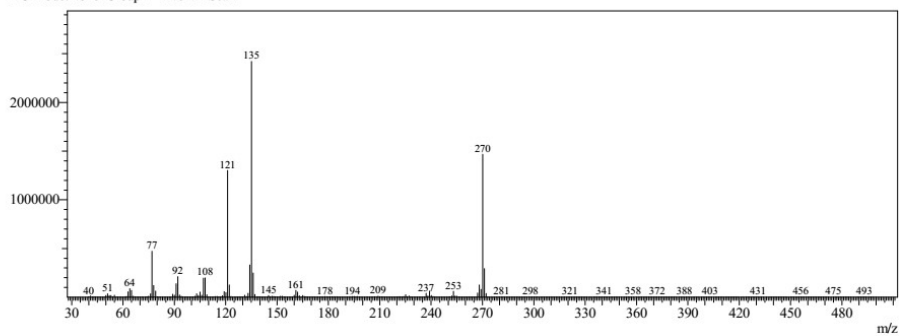
Line#:1 R.Time:21.400(Scan#:3481)
MassPeaks:426
RawMode:Single 21.400(3481) BasePeak:121.10(2708482)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan



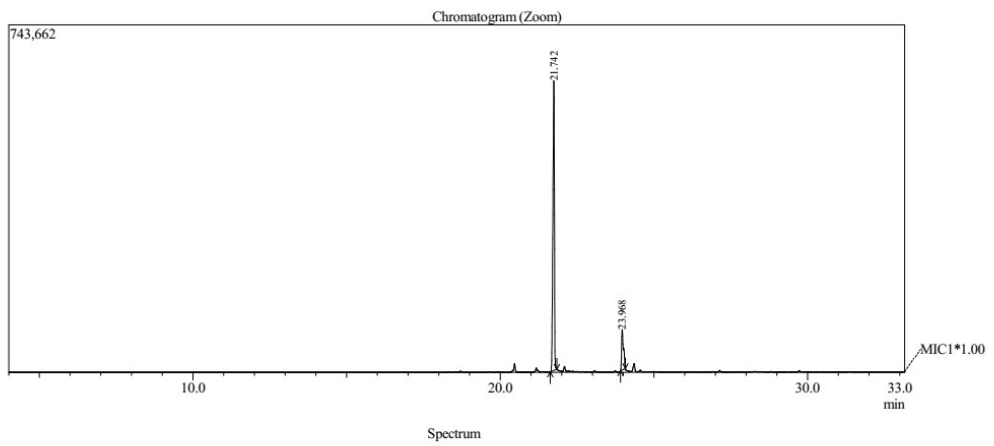
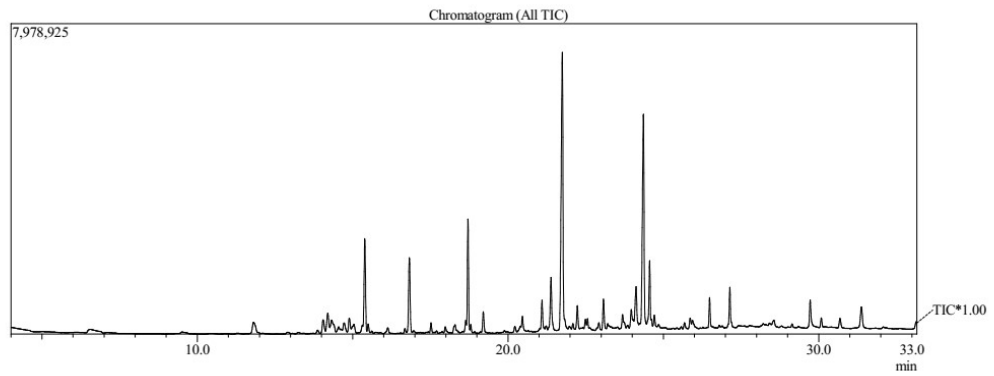
7.1.6. *Composto 2f*



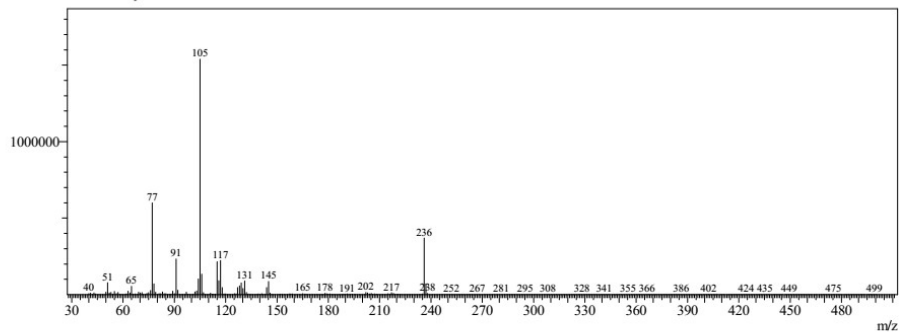
Line#:1 R. Time:25.635(Scan#:4328)
MassPeaks:440
RawMode:Single 25.635(4328) BasePeak:135.05(2421228)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan



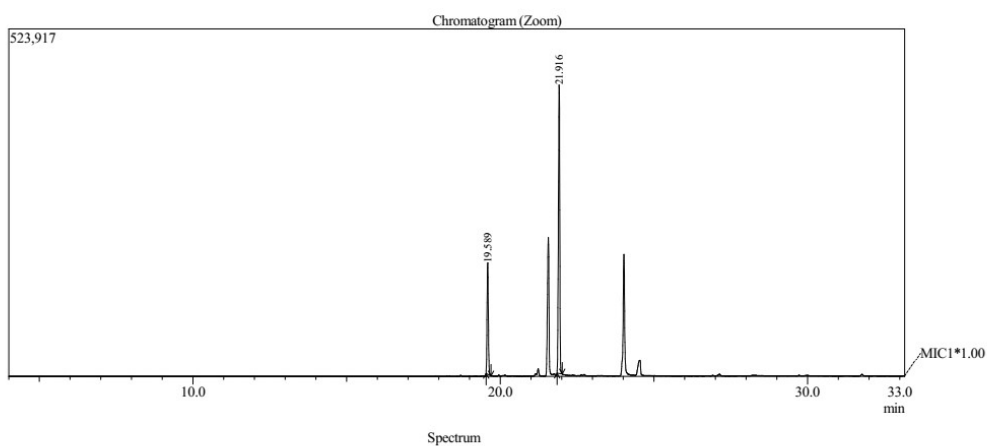
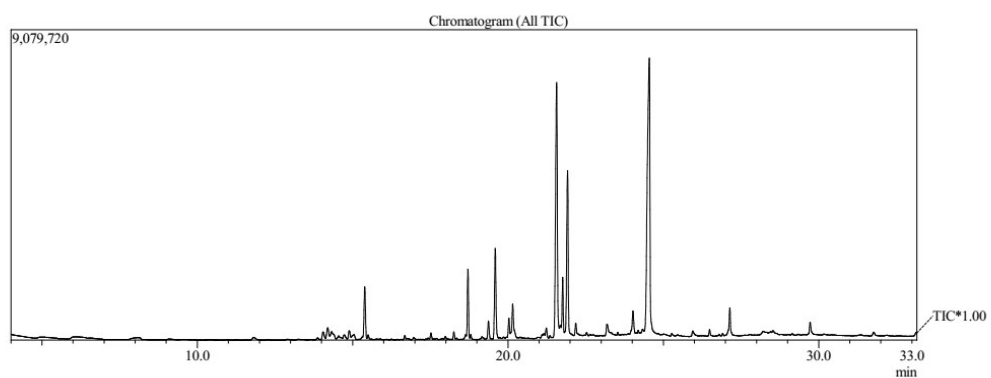
7.1.7. Composto 2h



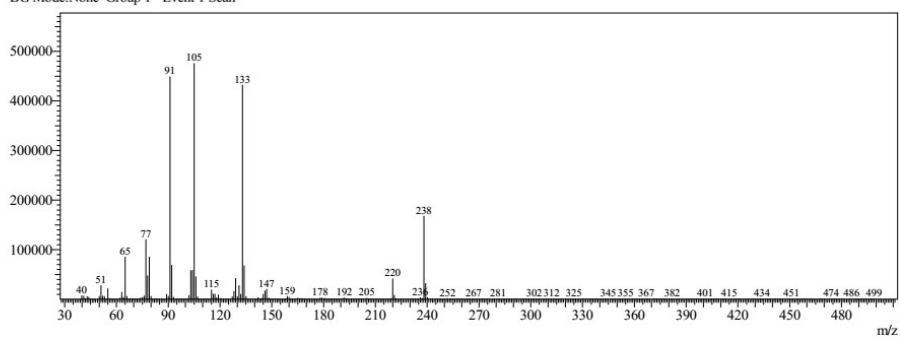
Line#:1 R.Time:21.720(Scan#:3545)
MassPeaks:453
RawMode:Single 21.720(3545) BasePeak:105.05(1539104)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan



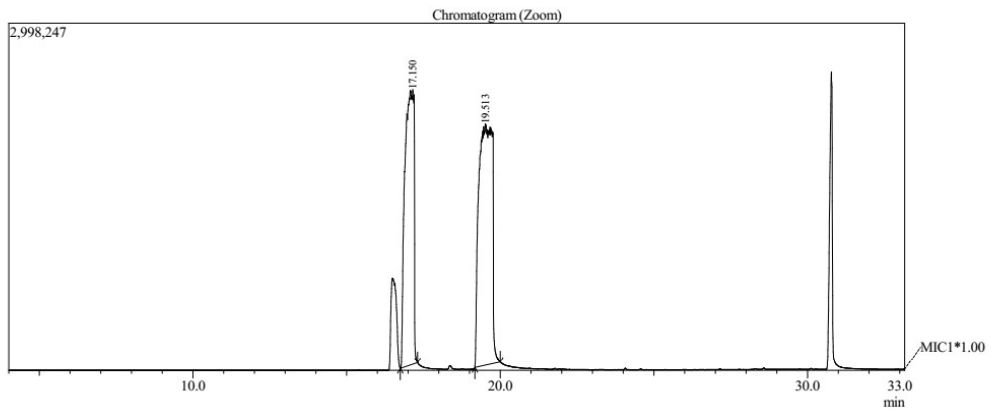
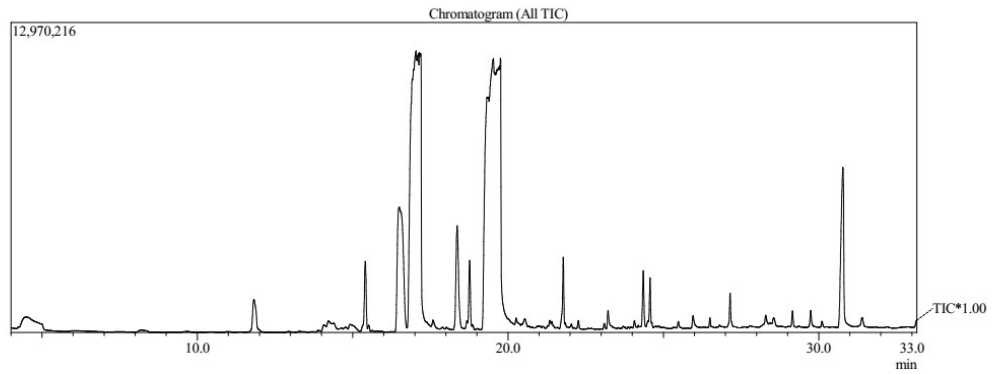
7.1.8. *Composto 2i*



Line#:1 R. Time:19.590(Scan#:3119)
MassPeaks:441
RawMode:Single 19.590(3119) BasePeak:105.05(475499)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan

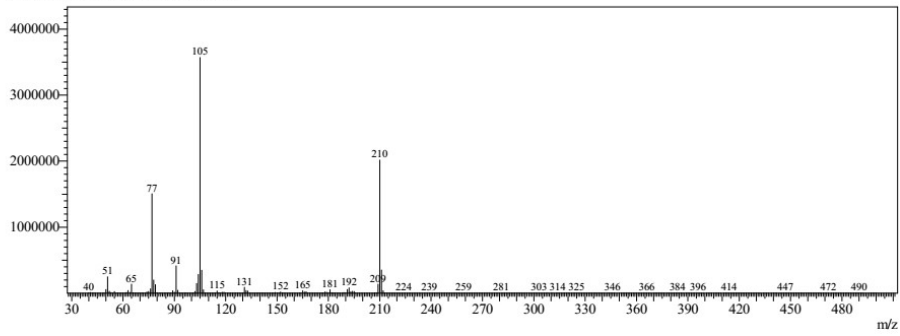


7.1.9. Composto 2k

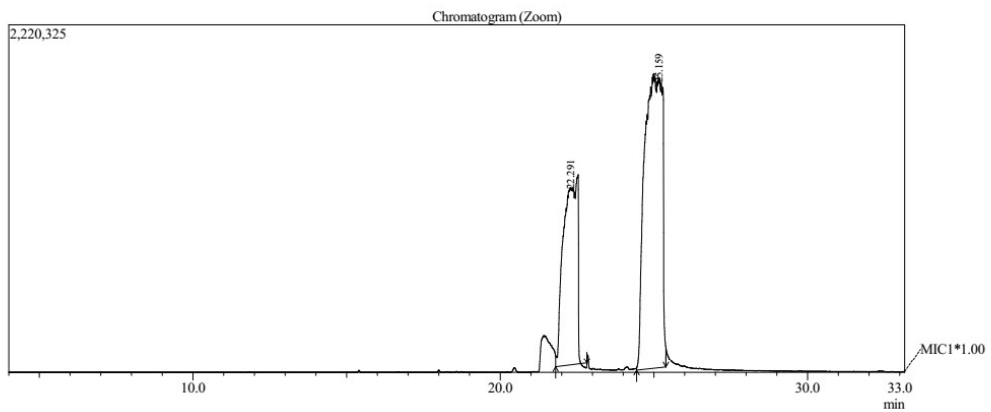
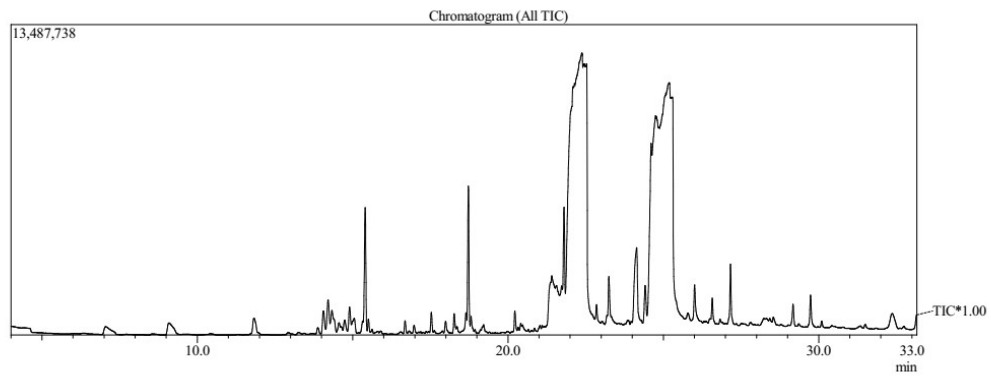


Spectrum

Line#:1 R.Time:16.950(Scan#:2591)
MassPeaks:443
RawMode:Single 16.950(2591) BasePeak:105.00(3570558)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan

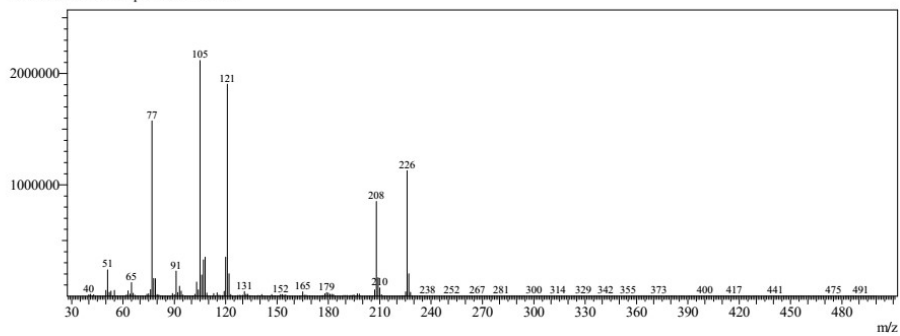


7.1.10. Composto 2l



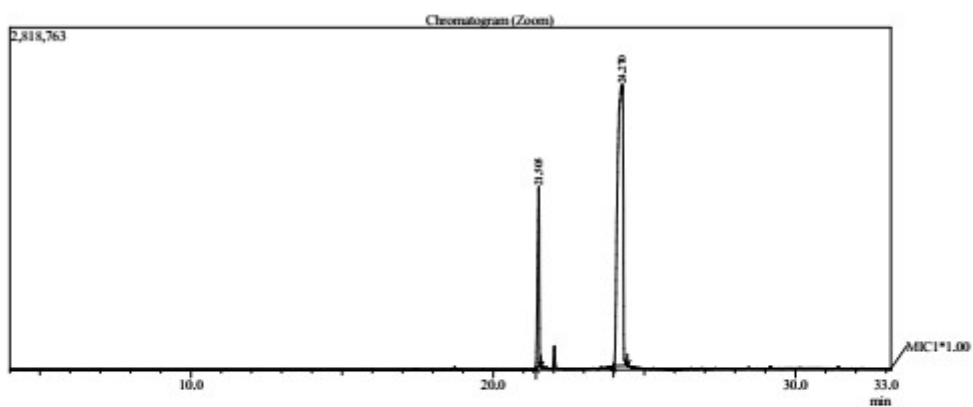
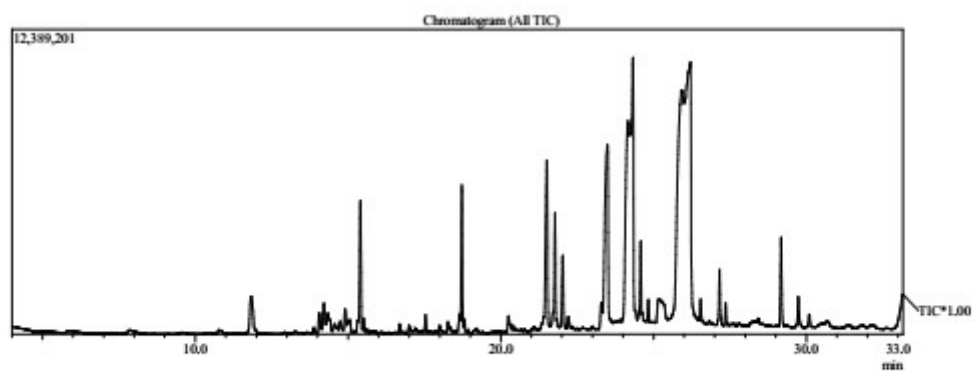
Spectrum

Line#:1 R.Time:22.385(Scan#:3678)
MassPeaks:449
RawMode:Single 22.385(3678) BasePeak:105.00(2117270)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan



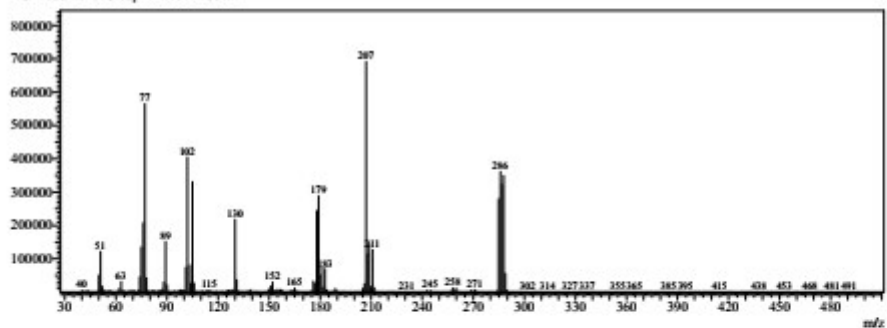
7.2. Espectros de CG-EM dos compostos biotransformados (*Talaromyces verreculosos*).

7.2.1. Composto 2a



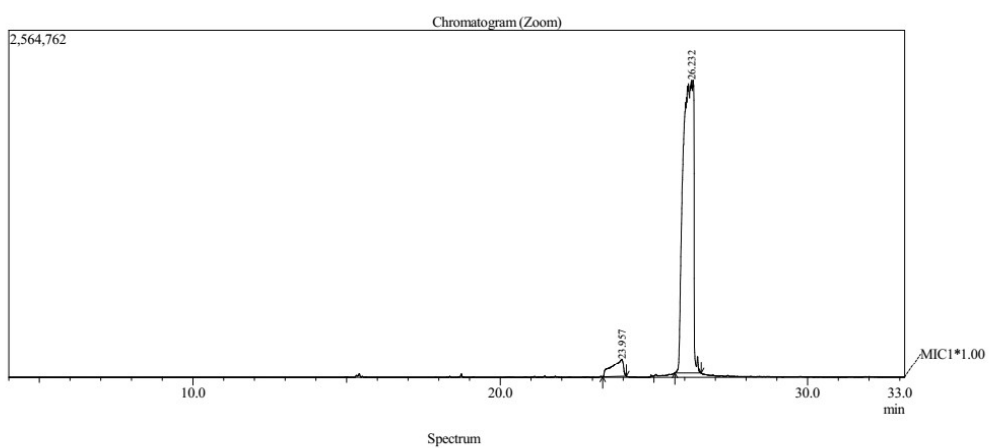
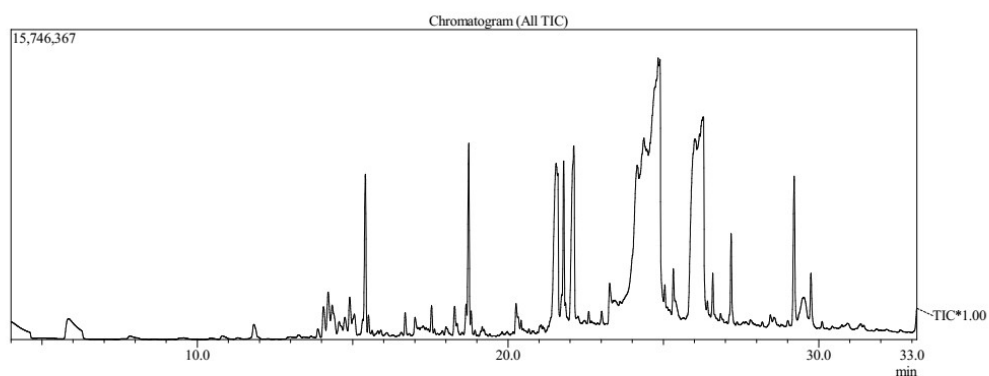
Spectrum

Line#1 R.Time:21.490(Scan#:3499)
MassPeak:414
RawMode:Single 21.490(3499) BasePeak:206.95(691225)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan

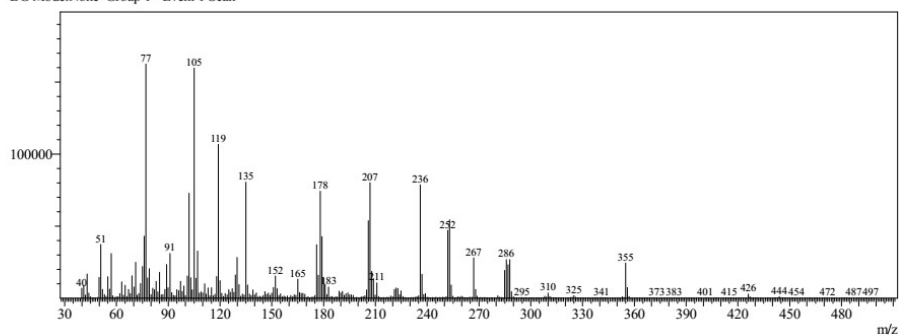


1/1

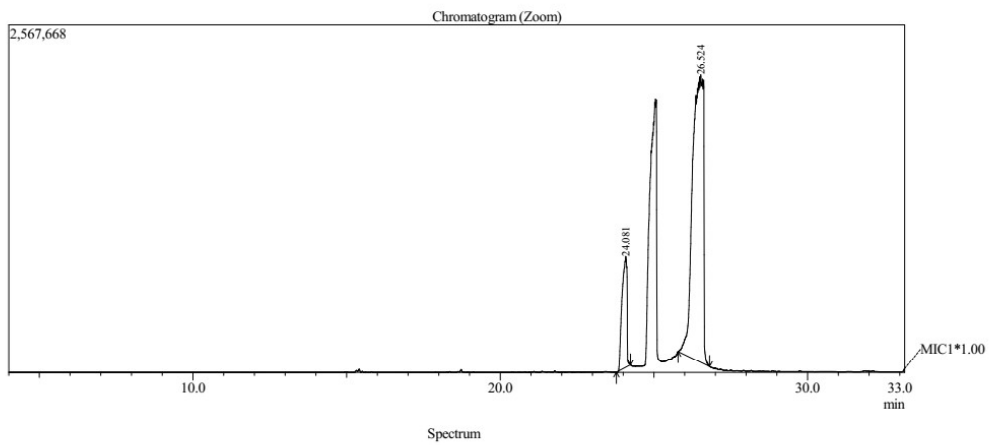
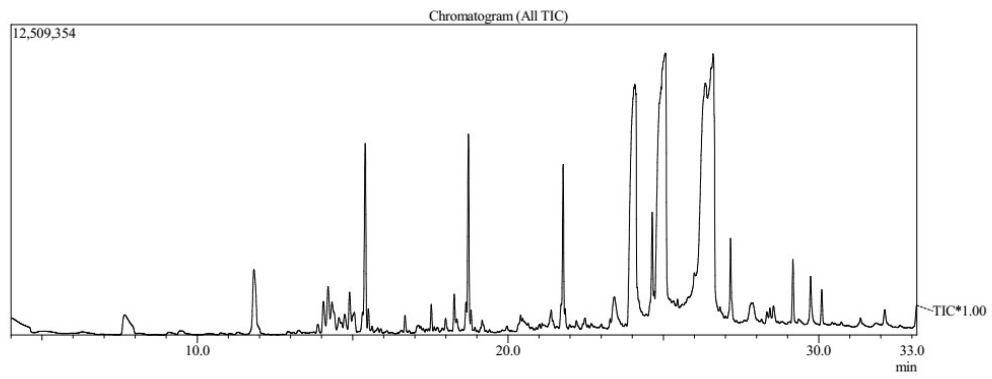
7.2.2. *Composto 2b*



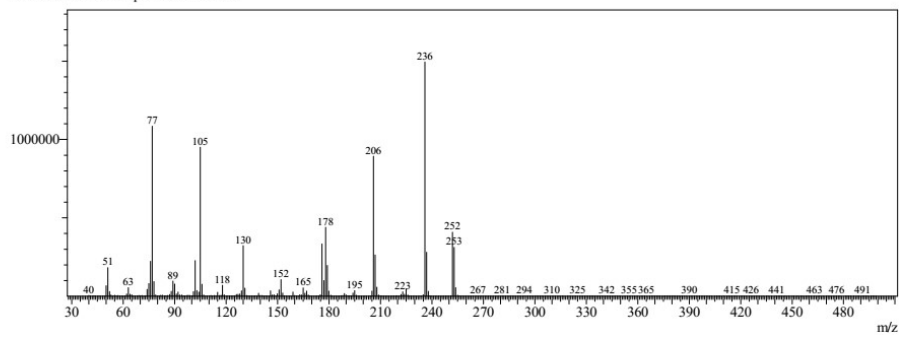
Line#:1 R.Time:23.835(Scan#:3968)
MassPeaks:445
RawMode:Single 23.835(3968) BasePeak:77.00(162574)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan



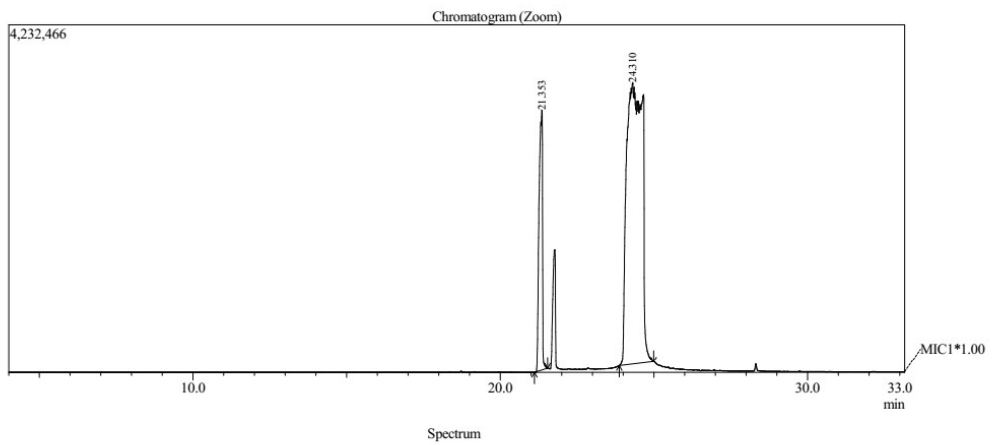
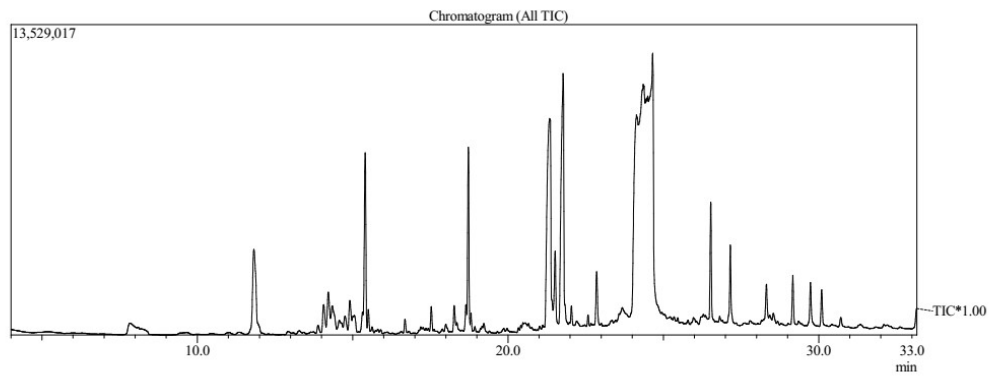
7.2.3. *Composto 2c*



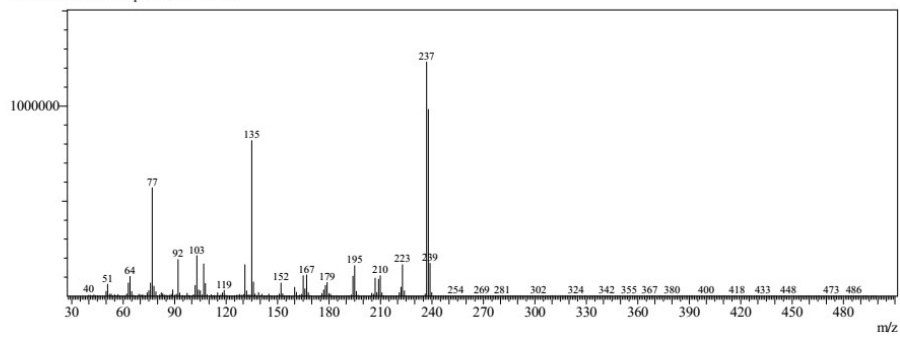
Line#:1 R.Time:24.045(Scan#:4010)
MassPeaks:430
RawMode:Single 24.045(4010) BasePeak:235.95(1494570)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan



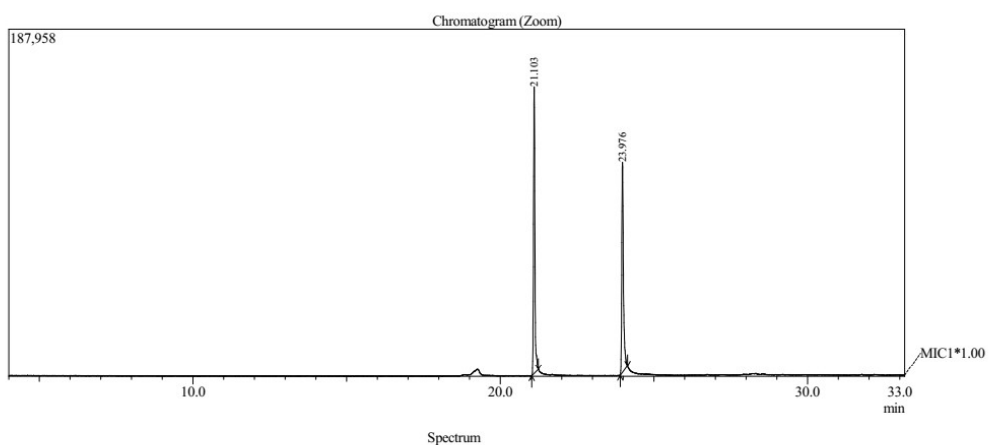
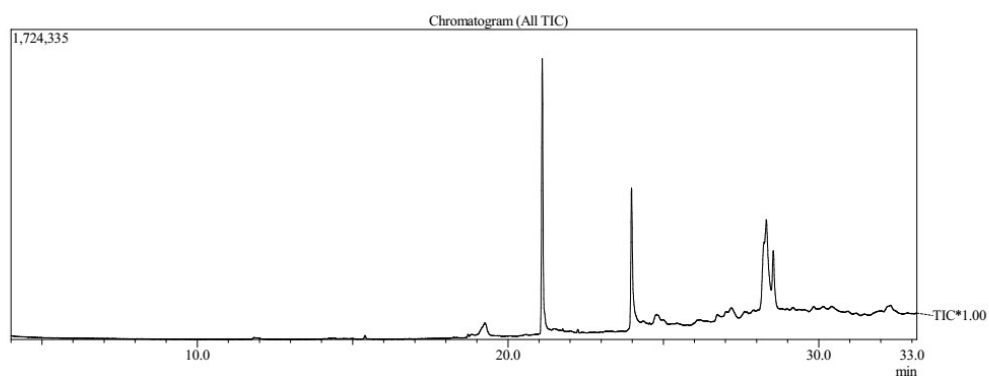
7.2.4. *Composto 2d*



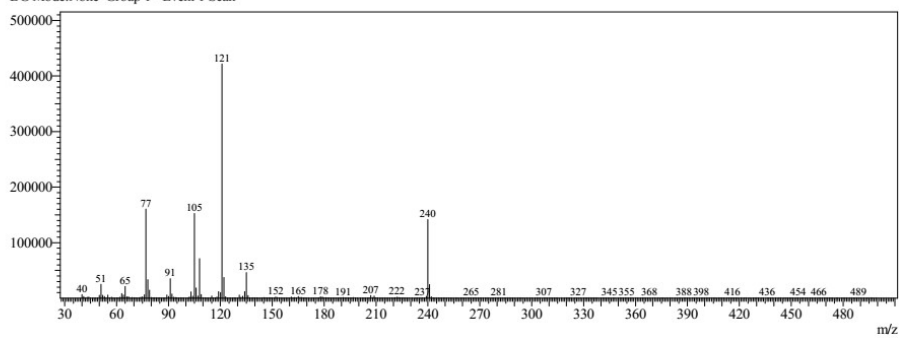
Line#:1 R.Time:21.275(Scan#:3456)
MassPeaks:427
RawMode:Single 21.275(3456) BasePeak:236.95(1231999)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan



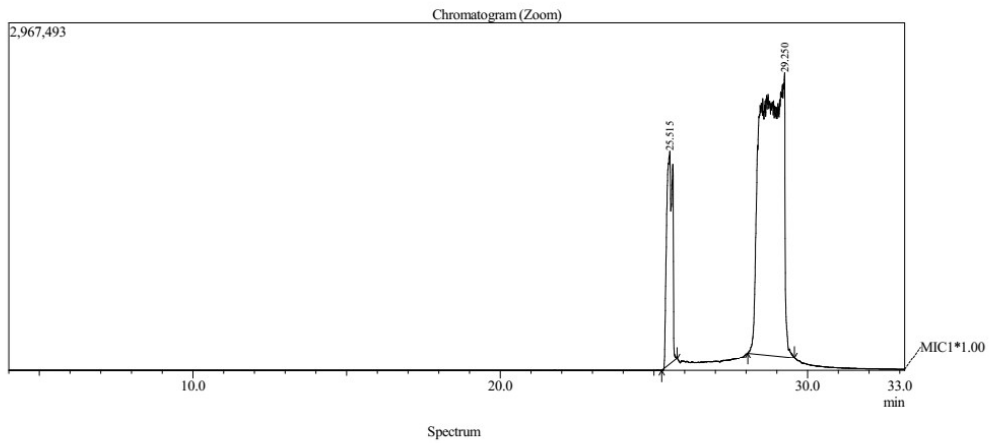
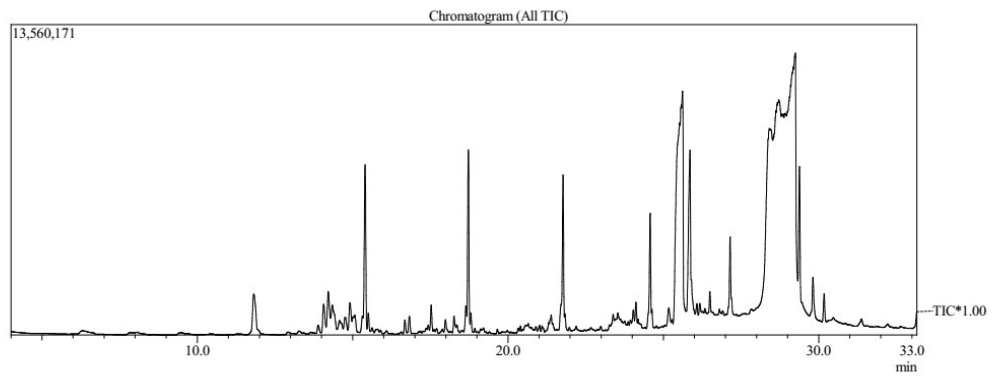
7.2.5. *Composto 2e*



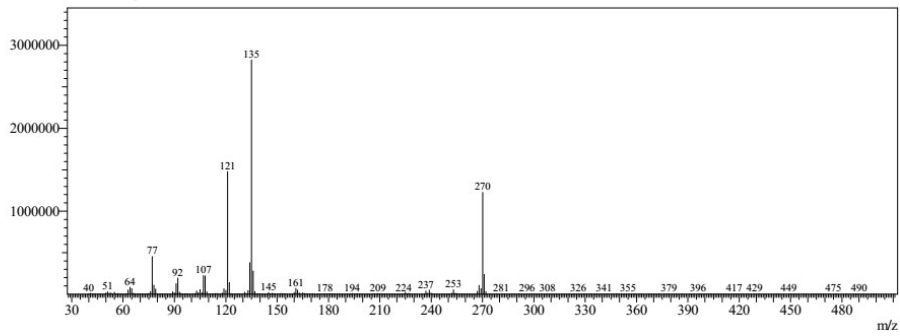
Line#:1 R.Time:21.110(Scan#:3423)
MassPeaks:406
RawMode:Single 21.110(3423) BasePeak:121.00(421722)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan



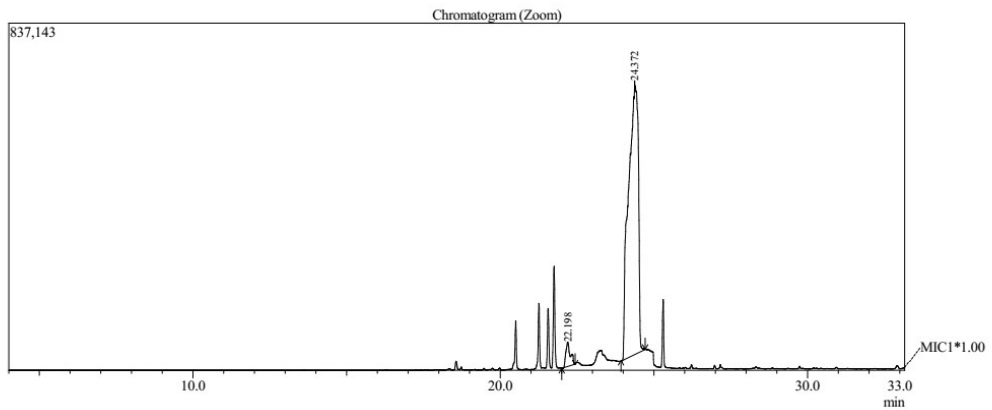
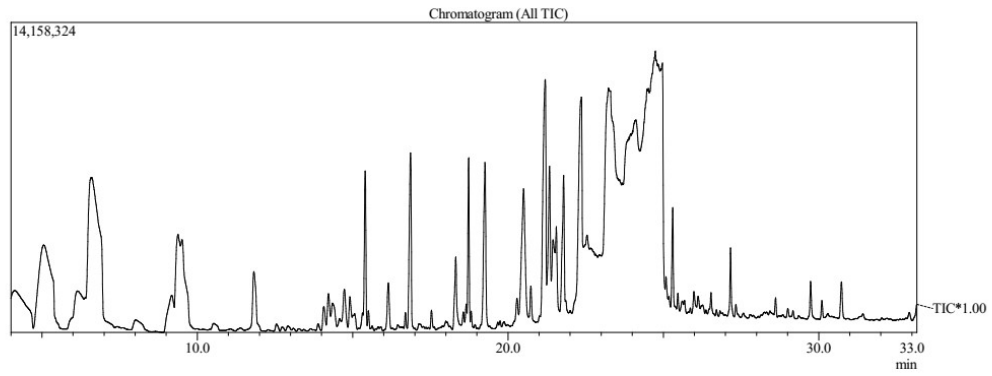
7.2.6. *Composto 2f*



Line#:1 R.Time:25.565(Scan#:4314)
MassPeaks:429
RawMode:Single 25.565(4314) BasePeak:135.00(2823775)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan

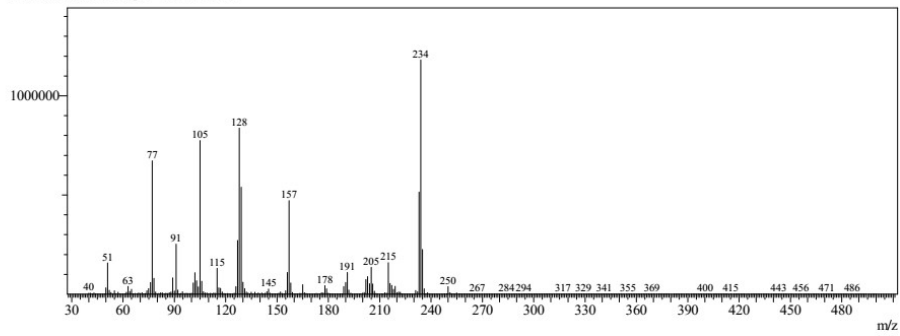


7.2.7. *Composto 2h*



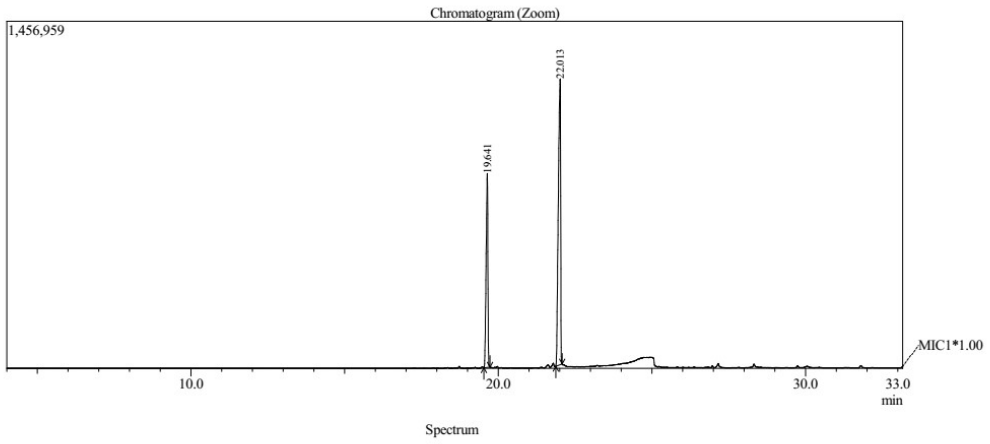
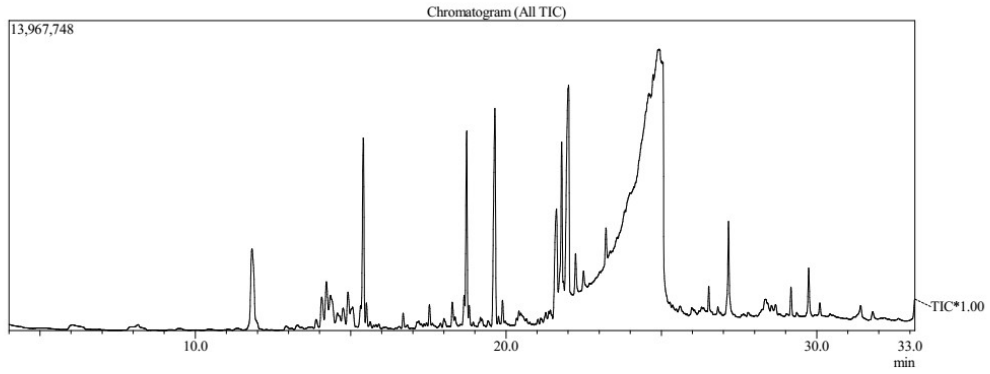
Spectrum

Line#:1 R.Time:22.300(Scan#:3661)
MassPeaks:438
RawMode:Single 22.300(3661) BasePeak:234.00(1180913)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan

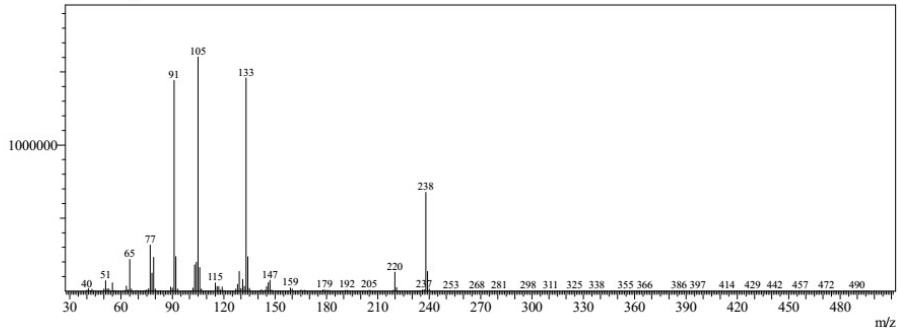


1 / 1

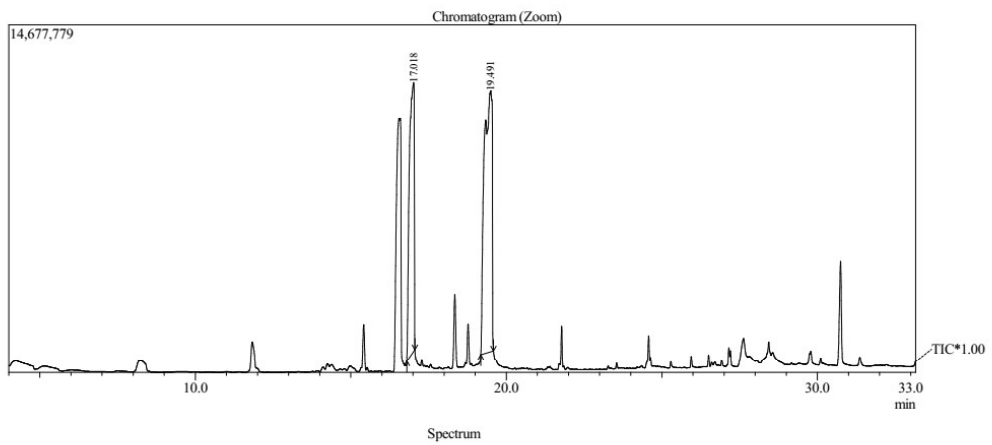
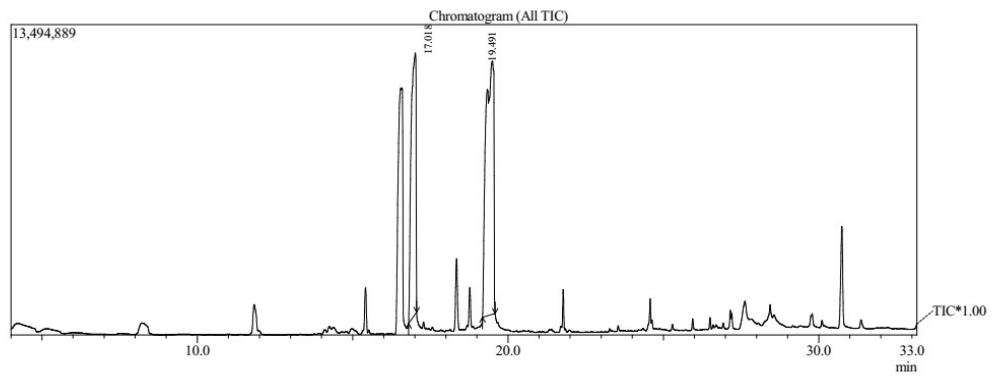
7.2.8. *Composto 2i*



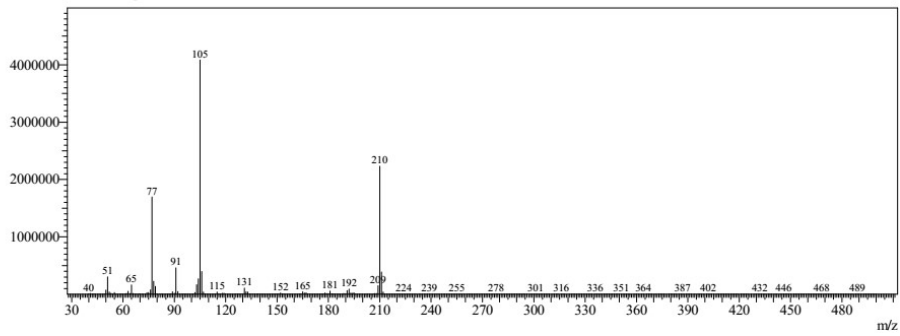
Line#:1 R.Time:19.625(Scan#:3126)
MassPeaks:437
RawMode:Single 19.625(3126) BasePeak:105.00(1602450)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan



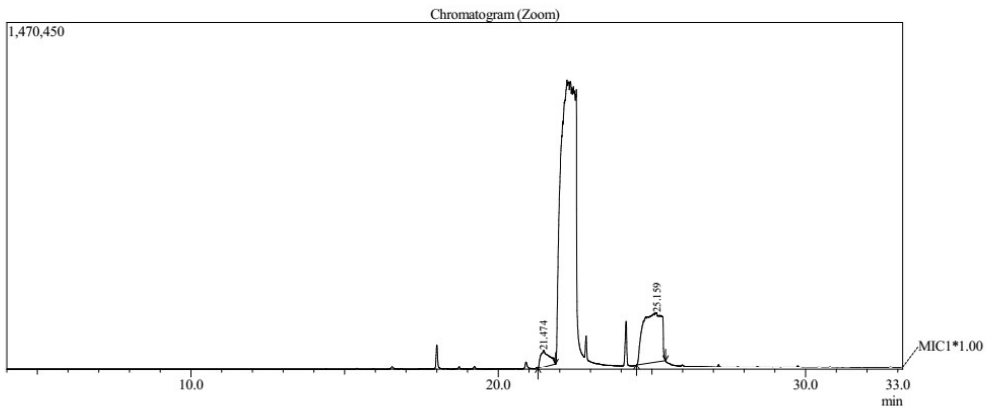
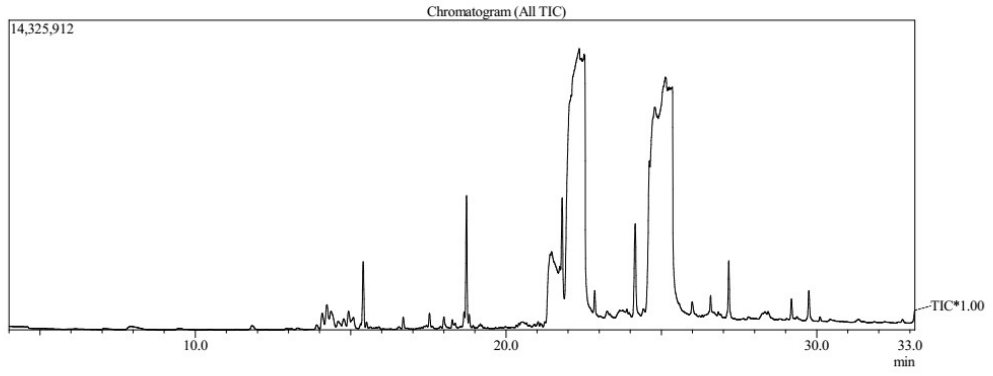
7.2.9. *Composto 2k*



Line#:1 R.Time:17.010(Scan#:2603)
MassPeaks:429
RawMode:Single 17.010(2603) BasePeak:105.00(4084206)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan



7.2.10. Composto 2l



Spectrum

Line#:1 R.Time:21.655(Scan#:3532)
MassPeaks:451
RawMode:Single 21.655(3532) BasePeak:222.95(314524)
BG Mode:None Group 1 - Event 1 Scan

