

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE TECNOLOGIA EM PROCESSOS
QUÍMICOS

MICHELI LAÍS SPOHR

**EXTRAÇÃO E AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO DE
CORTE DA ESPÉCIE *E. grandis* CULTIVADO NA REGIÃO OESTE DO
PARANÁ**

TOLEDO, PR
2023

MICHELI LAÍS SPOHR

**EXTRAÇÃO E AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO DE CORTE
DA ESPÉCIE *E. grandis* CULTIVADO NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

**Extraction and evaluation of the essential oil of cutting eucalyptus of the
species *E. grandis* cultivated in the west region of Paraná**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos (COPEQ) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, campus Toledo, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Processos Químicos.

Orientadora: Viviane da Silva Lobo

TOLEDO, PR
2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

MICHELI LAÍS SPOHR

**EXTRAÇÃO E AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO DE CORTE
DA ESPÉCIE *E. grandis* CULTIVADO NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Tecnologia em Processos Químicos da UTFPR, câmpus Toledo, como parte das exigências para obtenção do título de Tecnólogo em Processos Químicos.

Aprovado em 13, de junho de 2023.

Banca examinadora

Prof^a Dr^a Viviane da Silva Lobo
UTFPR, câmpus Toledo
Orientadora

Prof Dr Michael Jackson Vieira Da Silva
UTFPR, câmpus Toledo
Avaliador

Prof Dr Jones Erni Schmitz
UTFPR, câmpus Toledo
Avaliador

OBS: A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Tecnologia em Processos Químicos.

Dedico esse trabalho à minha mãe Lurdes e ao meu namorado Luiz Henrique, que sempre fizeram de tudo para me ajudar, me apoiando em todas as decisões.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, pela minha vida e por sempre me abençoar e iluminar meu caminho.

À minha orientadora Viviane da Silva Lobo, por todos os ensinamentos, pela confiança que depositou em mim e por todo apoio.

À equipe de professores do curso de Tecnologia em Processos Químicos da UTFPR campus Toledo, pelos conhecimentos adquiridos na universidade.

Ao Biopark pelo espaço do laboratório para a realização das extrações do óleo essencial – GPTEQ UTFPR Toledo.

Aos técnicos do Laboratório Multiusuário Central Analítica (LABCA) do campus Toledo pelo auxílio durante a realização das análises.

À minha mãe Lurdes, meu irmão Leonardo e minha irmã Jéssica pela ajuda na coleta das amostras e ao senhor Urbano Stoef pelo fornecimento delas.

Resumo

O eucalipto tem diferentes aplicações, do tronco às folhas, sendo utilizado principalmente como lenha, sendo a madeira a mais utilizada em indústrias do setor agropecuário, para produção de energia térmica. O eucalipto é escolhido como fonte de madeira para lenha devido ao seu rápido crescimento e por ser um grande produtor de biomassa. Dessa forma, esse estudo tem por objetivo avaliar as propriedades físico-químicas e a qualidade do óleo essencial extraído das folhas de *E. grandis*, cultivado visando o uso da madeira, na região oeste do Paraná. O óleo essencial pode ser extraído a partir do reaproveitamento sustentável das folhas, coletadas durante o crescimento ou derrubada das árvores para uso da madeira. A extração do óleo essencial foi realizada por hidrodestilação, em aparelho de Clevenger, a partir de folhas secas e verdes, em diferentes tempos (60, 90 e 120 min). Para a identificação de algumas de suas propriedades físico-químicas dos óleos obtidos, foram determinados o índice de refração e a densidade absoluta. Também foi realizada análises por Cromatografia Gasosa com detector de Ionização de Chama (GC/FID) para caracterização da composição química do produto obtido. Com relação ao rendimento das extrações, os valores foram maiores para as extrações com maior tempo de duração e menor teor de umidade nas folhas, porém foram obtidos dados diferentes dos encontrados na literatura, sendo o melhor rendimento obtido a partir de extrações com folhas secas, contendo apenas 10,8% de umidade e realizado 120 min de extração (1,63%). Para a análise de determinação de densidade e índice de refração, os valores obtidos são semelhantes aos dados encontrados na literatura, sendo, 0,910 g cm⁻³ e 1,4756 para o óleo essencial obtido a partir de folhas frescas, e 0,908 g cm⁻³ e 1,4739 para o óleo essencial obtido a partir de folhas secas, respectivamente. A partir das análises cromatográficas, utilizando a técnica de GC/FID, foram identificados, como componentes majoritários do óleo essencial de *E. grandis*, o α -pineno (82,1% em área para o óleo essencial obtido de folhas secas e 78,9% em área para o óleo essencial obtido de folhas frescas, ambos com 120 min de extração) e o 1,8-cineol (11,9 % em área para o óleo essencial obtido de folhas secas e 12,7 % em área para o óleo essencial obtido de folhas frescas, ambos com 120 min de extração).

Palavras-chave: biomassa residual; *E. grandis*; análises físico-químicas; hidrodestilação; aproveitamento sustentável.

Abstract

Eucalyptus has different applications, from the trunk to the leaves, being used mainly as firewood, with wood being the most used in industries in the agricultural sector, for the production of thermal energy. Eucalyptus is chosen as a source of wood for firewood due to its rapid growth and for being a great producer of biomass. Thus, this study aims to evaluate the physical-chemical properties and the quality of the essential oil extracted from the leaves of *E. grandis*, cultivated for the use of wood, in the western region of Paraná. Essential oil can be extracted from the sustainable reuse of leaves, collected during growth or felling of trees for use in wood. The essential oil extraction was performed by hydrodistillation, in a Clevenger apparatus, from dry and green leaves, at different times (60, 90 and 120 min). In order to identify some of the physical-chemical properties of the oils obtained, the refractive index and the absolute density were determined. Analysis by Gas Chromatography with Flame Ionization Detector (GC/FID) was also carried out to characterize the chemical composition of the product obtained. With regard to the yield of extractions, the values were higher for extractions with longer duration and lower moisture content in the leaves, but different data were obtained from those found in the literature, with the best yield obtained from extractions with dry leaves, containing only 10.8% moisture and performing 120 min of extraction (1.63%). For the density determination analysis and refractive index, the values obtained are similar to the data found in the literature, being 0.910 g cm^{-3} and 1.4756 for the essential oil obtained from fresh leaves, and 0.908 g cm^{-3} and 1.4739 for the essential oil obtained from dried leaves, respectively. From the chromatographic analyses, using the GC/FID technique, α -pinene (82.1 % in area for the essential oil obtained from dry leaves and 78.9 % in area for essential oil obtained from fresh leaves, both with 120 min of extraction) and 1,8-cineol (11.9 % in area for essential oil obtained from dried leaves and 12.7 % in area for the essential oil obtained from fresh leaves, both with 120 min of extraction).

Keywords: residual biomass; *E. grandis*; physicochemical analyses; hydrodistillation; sustainable utilization.

Lista de equações

Equação 1 – Cálculo da média aritmética simples.	30
Equação 2 – Cálculo do desvio padrão	30
Equação 3 – Cálculo de rendimento.....	32

Lista de ilustrações

Figura 1 - Esquema para hidrodestilação (a nível laboratorial).....	19
Figura 2 - Esquema de extração por arraste a vapor (a nível laboratorial)	20
Figura 3 - Formação de compostos fenilpropanóides.....	22
Figura 4 - Estrutura química básica do isopreno	22
Figura 5 - Estrutura química básica do ácido mevalônico.....	23
Figura 6 - Exemplos de compostos monoterpênicos de ocorrência em OE. (Acíclicos (10, 11, 12); monocíclicos (13, 14); bicíclicos (15, 16, 17, 18); hidrocarbonetos insaturados (19); álcoois (20); cetonas (21, 22); lactonas (23); tropolonas (24)).....	23
Figura 7 – Estrutura química básica do α -pineno	28
Figura 8 - Estrutura química básica do 1,8-cineol.....	29
Figura 9 - Hidrodestilação com Clevenger.....	31
Figura 10 - Gráfico de comparação entre o rendimento das extrações de OE de eucalipto com folhas frescas e folhas secas	38
Figura 11 - Cromatograma e relatório GC/FID do solvente hexano.....	44
Figura 12 - Cromatograma e relatório GC/FID do PI (octanoato de metila) a 2%	45
Figura 13 - Cromatograma e relatório GC/FID do padrão α -pineno a 2%.....	45
Figura 14 – Cromatograma e relatório GC/FID do padrão 1,8-cineol a 2%	46
Figura 15 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 120 min de extração – A1.....	47

Lista de ilustrações

Tabela 1 - Percentual de umidade presente nas folhas de eucalipto em cada uma das extrações de OE realizadas utilizando folhas frescas.....	35
Tabela 2 - Percentual de umidade presente nas folhas de eucalipto em cada uma das extrações de OE realizadas utilizando folhas secas	36
Tabela 3 - Rendimento das extrações de OE de <i>E. grandis</i> utilizando folhas verdes	37
Tabela 4 - Rendimento das extrações de OE de <i>E. grandis</i> utilizando folhas secas	37
Tabela 5 - Rendimento para <i>E. grandis</i> para extrações com folhas frescas	39
Tabela 6 - Rendimento para <i>E. grandis</i> encontrado na literatura para extrações com folhas secas.....	39
Tabela 7 - Valores de densidade obtidos para OE de <i>E. grandis</i> obtido de folhas verdes	40
Tabela 8 - Valores de densidade obtidos para OE de <i>E. grandis</i> obtido de folhas secas	40
Tabela 9 - Densidade do OE de <i>E. grandis</i> de acordo com a literatura	41
Tabela 10 - IR determinados para o OE de <i>E. grandis</i> obtido de folhas verdes	42
Tabela 11 - IR determinados para o OIE de <i>E. grandis</i> obtido de folhas secas.....	42
Tabela 12 – IR para <i>E. grandis</i> conforme literatura.....	43
Tabela 13 – Substâncias químicas detectadas por GC/FID nos OE de <i>E. grandis</i> extraídos.....	49
Tabela 14 - Composição química do OE de <i>E. grandis</i> segundo à literatura ...	49
Tabela 15 – Composição química do OE de eucalipto em relação ao tempo de extração	50

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

μL - Microlitro

η - Rendimento

ρ - Densidade absoluta

\bar{x} - Média aritmética simples

\cong - Aproximadamente

BR – Balão de fundo redondo

cm^3 - Centímetro cúbico

Dp - Desvio Padrão

FID - Flame ionization detector

g - Gramas

GC – Gas chromatography

GC/FID - Gas chromatography-flame ionization detector

GC/MS - Gas chromatography-mass spectrometry detector

h - Horas

IR - Índice de Refração

m - Massa

min - Minuto

mL – Mililitro

MS – Espectrometria de massas

OE - Óleo Essencial

PI - Padrão interno

T – Tempo

TR – Tempo de retenção

V – Volume

IRL – Índice de retenção linear

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. OBJETIVOS	14
1.1.1. Objetivo geral	14
1.1.2. Objetivos específicos.	14
1.2. JUSTIFICATIVA	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1. Óleo essencial	16
2.1.1. Métodos de extração de OE	17
2.1.2. Composição química dos OE	20
2.1.3. Identificação e caracterização dos OE.....	23
2.2. Eucalipto	24
2.2.1. OE de eucalipto	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1. Amostragem	29
3.2. Determinação do teor de umidade das folhas de eucalipto	29
3.3. Secagem das folhas de eucalipto.....	30
3.4. Método de extração de OE das folhas de eucalipto	30
3.5. Rendimento da obtenção do OE de eucalipto	31
3.6. Determinação da densidade absoluta do OE de eucalipto.....	32
3.7. Determinação do índice de refração do OE de eucalipto	32
3.8. Determinação da composição química do OE de eucalipto	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1. Umidade das folhas de eucalipto	34
4.2. Cálculo do rendimento das extrações de OE de eucalipto	36
4.3. Cálculo da densidade absoluta do OE obtido.....	39
4.4. Obtenção do índice de refração do OE obtido	40
4.5. Composição química do OE obtido	42
5. CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICE A	60
Apêndice A. 1 - Cromatograma e relatório GC/FID mistura de alcanos saturados.....	61
Apêndice A. 2 - Cromatograma e relatório GC/FID α -terpineol a 2%.....	62
Apêndice A. 3 - Cromatograma e relatório GC/FID linalool a 2%.....	63

SUMÁRIO

Apêndice A. 4 - Cromatograma e relatório GC/FID carvacrol a 2%.....	64
Apêndice A. 5 - Cromatograma e relatório GC/FID α -cariofileno a 2%	65
APÊNDICE B.....	65
Apêndice B. 1 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 60 min de extração – A1.....	66
Apêndice B. 2 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 60 min de extração – A2	67
Apêndice B. 3 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 60 min de extração – A3	68
Apêndice B. 4 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 90 min de extração – A1	69
Apêndice B. 5 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 90 min de extração – A2	70
Apêndice B. 6 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 90 min de extração – A3	71
Apêndice B. 7 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 120 min de extração – A1	72
Apêndice B. 8 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 120 min de extração – A2	73
Apêndice B. 9 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 120 min de extração – A3	74
Apêndice B. 10 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 60 min de extração – A1.....	75
Apêndice B. 11 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 60 min de extração – A2.....	76
Apêndice B. 12 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 60 min de extração – A3.....	77
Apêndice B. 13 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 90 min de extração – A1.....	78
Apêndice B. 14 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 90 min de extração – A2.....	79
Apêndice B. 15 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 90 min de extração – A3.....	80
Apêndice B. 16 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 120 min de extração – A2.....	81
Apêndice B. 17 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 120 min de extração – A3.....	82

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, diversas espécies de eucalipto são reconhecidas por possuírem propriedades químicas e físicas diferentes. O eucalipto pode ser utilizado em diferentes finalidades, como lenha, para produção de carvão vegetal, e como matéria-prima em indústrias de papel e celulose, moveleira, entre outros.

A região oeste do Paraná é uma grande produtora de grãos, como soja, milho e trigo, além disso, também é destaque no ramo da avicultura. Dessa forma, a biomassa proveniente do eucalipto é muito usada com finalidades energéticas, para a secagem de grãos, aquecimento de aviários em períodos mais frios e uso em caldeiras de cooperativas agroindustriais. Dentre os combustíveis usados como fonte de geração de energia térmica, a lenha é a mais consumida em indústrias do setor agropecuário (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008).

Dentre as demais espécies, o eucalipto é escolhido preferencialmente por ser um grande produtor de biomassa, devido ao seu rápido crescimento e fácil adaptação em diferentes regiões (SIMIONI et al., 2018). Segundo estudos realizados por Coutinho (2017), a área plantada com espécies de eucalipto no Paraná somava cerca de 340 mil hectares, representando 34,2% da área total plantada em todo o estado.

No processo de derrubada e corte das árvores, o produto de interesse é a madeira. A biomassa florestal restante, galhos e folhas, geralmente classificados como resíduos, são deixados no solo para adubação. Uma alternativa de gestão desses resíduos é a extração de óleo essencial (OE) das folhas de eucalipto, recolhidas durante a derrubada das árvores. Com isso, é possível agregar maior valor à biomassa residual, sendo uma alternativa de mais uma fonte de recurso financeiro para os pequenos produtores. Portanto, o eucalipto cultivado visando à produção de madeira, também apresenta-se como uma fonte alternativa de OE. Além disso, o aproveitamento dos resíduos para obtenção de OE é uma possibilidade de aumento da rentabilidade da plantação de eucalipto, uma vez que os OE tem elevado valor agregado.

Os OE de eucalipto estão contidos principalmente nas folhas, onde são produzidos em pequenas glândulas. A sua composição varia de espécie para espécie, mas, de maneira geral, os OE são compostos por substâncias voláteis quimicamente complexas, que são importantes matérias-primas para as indústrias de cosméticos e perfumaria por serem compostos aromáticos (JUNIOR; SANTOS, 2021). Também podem ser utilizados em formulações farmacêuticas devido suas ações anti-inflamatória, antioxidante, antianêmica, antialérgica, antifúngica, analgésica, bactericida e repelente (BANDEIRA et al., 2021).

Sendo assim, o estudo visa verificar a qualidade (através de análises das propriedades físico-químicas e da composição química) do OE de eucalipto da espécie *Eucalyptus grandis*, extraído de folhas recolhidas durante o desenvolvimento ou a derrubada e corte das árvores cultivadas no oeste do Paraná.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar as propriedades físico-químicas e o composto químico principal do OE extraído das folhas da eucalipto de corte da espécie *E. grandis* cultivado no oeste do Paraná.

1.1.2 Objetivos específicos

- Coletar folhas de eucalipto de corte da região oeste do Paraná;
- Avaliar as condições de secagem das folhas (com parâmetros controlados) em laboratório para posterior obtenção do OE de interesse;
- Extrair OE de folhas de eucalipto em diferentes estágios de desenvolvimento (secas e verdes);
- Calcular o rendimento das extrações;
- Avaliar as propriedades físicas e químicas OE extraído, como densidade e índice de refração;

- Comparar os resultados obtidos com informações teóricas encontradas sobre esse OE;
- Determinar parcialmente a composição química do OE obtido mediante cromatografia gasosa.

1.2 JUSTIFICATIVA

A presente pesquisa tem por foco a análise das propriedades físico-químicas e composição química do OE extraído das folhas de eucalipto da espécie *E. grandis*, encontrada no oeste do Paraná, que não são aproveitadas durante o desenvolvimento das árvores ou que são perdidas durante o processo de derrubada e corte da madeira.

O estudo se justifica no fato de que na região se situam diversas empresas e produtores, que fornecem lenha de eucalipto para fins industriais. As folhas, por sua vez, não possuem nenhum valor agregado e acabam não sendo utilizadas.

Através da avaliação das propriedades do OE é possível analisar sua viabilidade econômica e comercial, podendo ser uma opção de renda extra para as empresas prestadoras de serviços florestais de plantio e corte, que se beneficiariam do aproveitamento sustentável das folhas.

Levando em consideração a vasta área de aplicação de OE na atualidade, se o óleo extraído possuir qualidade considerável, poderá ser utilizado no processo de fabricação de produtos que utilizam essa matéria-prima, como, por exemplo, sabonetes e cosméticos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Óleo essencial

Os OE são conhecidos pelos seres humanos há centenas de anos. A importante ação dos OE devido a algumas ações farmacológicas foi reconhecida antes da utilização de suas fragrâncias. Sem os conhecimentos medicinais da atualidade, os produtos naturais, incluindo os OE, eram utilizados para o tratamento de doenças e infecções. Posteriormente, começaram a ser utilizados na preparação de cosméticos e sabonetes (BASER; BUCHBAUER, 2010).

Também chamados de óleos voláteis, os OE são definidos pela International Standard Organization (ISO) como produtos extraídos de folhas, caules, flores, raízes, sementes de plantas através do arraste a vapor ou hidrodestilação (VITTI; BRITO, 2003).

Os OE são misturas complexas de substâncias voláteis e lipofílicas, e são compostos principalmente por mono e sesquiterpenos e fenilpropanóides, compostos que conferem suas características organolépticas (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009). Essa mistura de substâncias é considerada óleo, pois são líquidos oleosos a temperatura ambiente, e essencial, devido ao aroma agradável que apresentam, ou óleos voláteis por apresentarem volatilidade (SIMÕES et al., 2007).

Com grande aplicação nas indústrias cosméticas e de perfumaria, e como coadjuvantes em medicamentos, os OEs são aplicados geralmente na forma de fragrâncias, composições farmacêuticas e orais ou comercializados na forma bruta (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009).

A produção de OE de plantas silvestres ou cultivadas é possível na maior parte dos lugares, com exceção para as regiões mais frias e cobertas de neve. O número global de espécies cultivadas é estimado em cerca de 300.000, e aproximadamente 10% destas possuem OE e podem ser fonte para a sua produção (BASER; BUCHBAUER, 2010).

Nos últimos anos, o mercado de OE e de outros produtos de origem vegetal vem crescendo. Pesquisas apresentam a vasta área de possíveis aplicações das substâncias produzidas a partir do metabolismo de plantas

(SILVEIRA et al., 2012). A partir do metabolismo das plantas são produzidas substâncias químicas que são divididas em dois grupos. O primeiro grupo, essencial a todos os seres vivos, são as macromoléculas ou metabólitos primários. O segundo grupo de substâncias químicas são os metabólitos secundários ou micromoléculas. Essas substâncias não são essenciais, podem atuar como substâncias protetoras das plantas, e que, geralmente, apresentam estruturas químicas complexas, podem ter atividades biológicas, sendo os terpenos, presente nos OE, o maior grupo de substâncias desse grupo (BRUNETON, 2001).

Com relação ao mercado econômico mundial a cerca dos OE, os principais atores do mercado são a Índia, os EUA, a França, a China e o Brasil, quando se fala em valores. No entanto, quando se trata dos volumes exportados, a Espanha substitui a França entre os cinco primeiros. Em 2022, o Brasil enviou ao exterior cerca de 55 mil toneladas de OE, gerando um movimento financeiro de aproximadamente US\$ 435 milhões (PARREIRAS, 2023).

2.1.1 Métodos de extração de OE

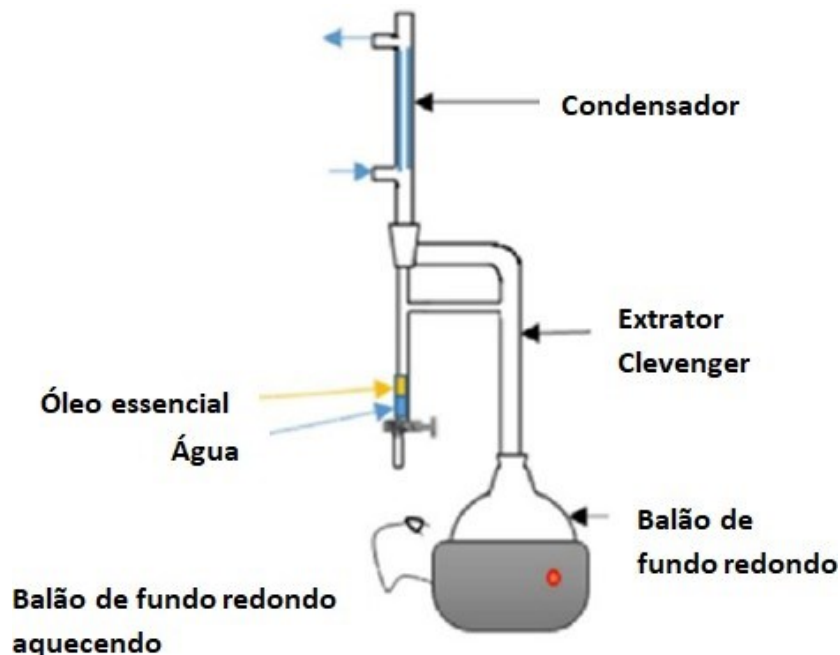
De acordo com a norma ISO 9235:1997 (ISO, 1997), os OE são substâncias obtidas a partir de partes de plantas por meio do processo de destilação usando arraste por vapor. Além disso, incluem-se nessa definição os produtos derivados do processamento mecânico dos pericarpos dos frutos cítricos.

Dentre os métodos de arraste pelo vapor estão a destilação, que usa água (hidrodestilação), e a que usa apenas vapor (arraste a vapor). Na hidrodestilação, as partes da planta entram em contato com a água fervente, estando completamente imersas ou na superfície, tendo seus óleos arrastados pelo vapor de água. Na destilação com arraste a vapor, as partes da planta não entram em contato com a água e também tem seus óleos arrastados pelo vapor de água (BUSATO et al., 2014).

A hidrodestilação (FIGURA 1) é o processo mais eficiente a nível laboratorial ou para produção em pequena escala. Esse método consiste em volatilizar e condensar uma mistura de vapor de água com os compostos voláteis

presentes na planta (FILIPPIS, 2001). A matéria-prima vegetal em contato com a água em ebulição faz com que ocorra a abertura da parede celular e, conseqüentemente, acontece a evaporação do OE que está entre as células da planta (SILVEIRA et al., 2012 apud BIASI; DESCHAMPS, 2009).

Figura 1 - Esquema para hidrodestilação (a nível laboratorial).



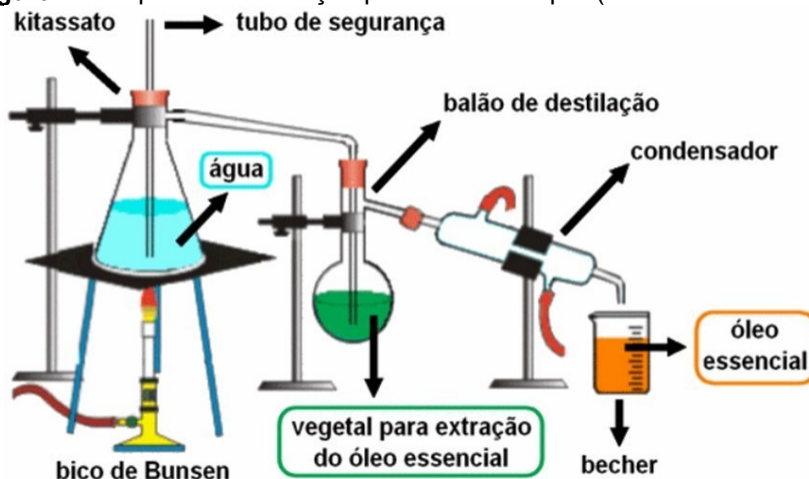
Fonte: Adaptado de RABEHARITSARA; RABEARIMHAJA; RANDRIANA, 2016.

O vapor passa por um condensador, onde é resfriado, e, como os compostos voláteis e a água são imiscíveis, ocorre a formação de duas fases que podem ser separadas facilmente por densidade. Para produções em pequena escala e laboratorial, o aparelho de Clevenger pode ser empregado (SIMÕES et al., 2007).

Por outro lado, muito utilizado industrialmente para a produção de OE em larga escala, o arraste a vapor (FIGURA 2) é fundamentado na diferença de solubilidade de alguns componentes da planta no vapor de água e da pressão no sistema. O processo consiste na passagem de uma corrente de vapor de água por um recipiente contendo as partes da planta de onde se deseja extrair OE, arrastando os componentes voláteis (FILIPPIS, 2001). À medida que o vapor entra em contato com a matéria-prima vegetal crua, ela é aquecida e ocorre

o rompimento da parede celular, liberando os OE contidos nas células que é carregado até o condensador (CHÁVEZ, 2007).

Figura 2 - Esquema de extração por arraste a vapor (a nível laboratorial).



Fonte: (TRANCOSO et al., 2013)

Esse processo de extração utiliza, industrialmente, uma caldeira para geração de vapor (em escala laboratorial, outra fonte de calor, como um bico de Bunsen, pode ser utilizado), um extrator (destilador), onde a matéria-prima é colocada, um condensador e um frasco de coleta, que pode conter um aparato para separação do hidrolato do óleo pela densidade (SILVEIRA et al., 2012).

De acordo Pelizardo et al. (2013), estudos indicam que o menor teor de água nas folhas, por exemplo, permite que as substâncias voláteis, armazenadas nas células das plantas, possam ser arrastadas ou volatilizadas de forma mais eficiente, quando comparado com o material fresco/úmido. A secagem das folhas, além de elevar o rendimento da extração, aumenta a capacidade do volume da matéria prima vegetal no destilador.

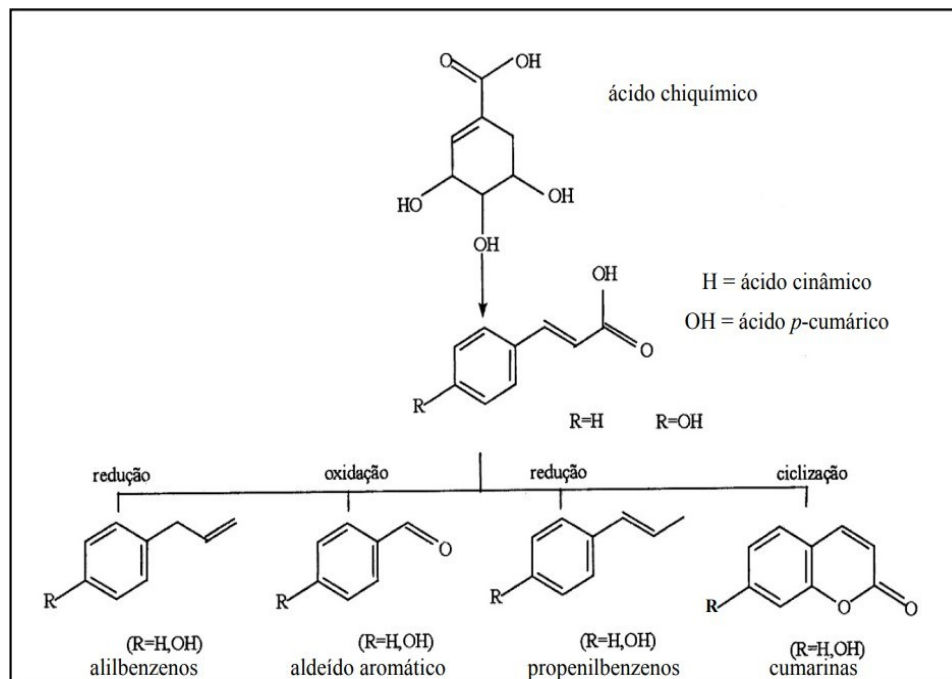
A secagem de plantas produtoras de OE deve ser cuidadosa em razão da volatilidade dos óleos e sua degradação. A secagem pode ser feita com secador de leito fluidizado, que é uma técnica de secagem muito eficiente, e também com o uso de estufas com circulação de ar, desde que realizada em temperaturas adequadas (FREITAS, 2012 apud MOCHI, 2005).

2.1.2. Composição química dos OE

Os compostos presentes nos OE das plantas se apresentam em diferentes concentrações. Geralmente um deles é o composto que existe em maior quantidade, sendo chamado de composto majoritário, mas existem compostos em menores teores e baixíssimas quantidades, sendo chamados de compostos traços. Por exemplo, o 1,8-cineol é um dos componentes majoritários do óleo de eucalipto, seu teor no OE pode chegar até a 80%, dependendo da espécie de eucalipto, porém, essa mesma substância foi encontrada no óleo de bergamota em uma concentração bem menor do que no óleo de eucalipto, cerca de 0,002%. Nesse caso, se diz que esse composto é um constituinte traço do óleo de bergamota (CASTRO, 2006).

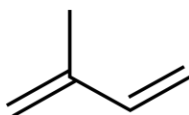
Os constituintes dos OE variam desde hidrocarbonetos, aldeídos, álcoois, fenóis, cetonas, ésteres, éteres, óxidos, peróxidos, ácidos carboxílicos, lactonas, furanos, cumarinas, até compostos com enxofre. A grande maioria dos OE são constituídos por derivados de fenilpropanóides ou terpenóides (BRUNETON, 2001).

Os fenilpropanóides são substâncias formadas a partir do ácido chiquímico (FIGURA 3), que é o responsável pela formação de unidades básicas dos ácidos cinâmico e *p*-cumárico que, por meio de reações enzimáticas, produzem propenilbenzenos e/ou alilbenzenos, e, por meio de oxidações com degradação das cadeias carbônicas laterais, dão origem a aldeídos aromáticos. Além disso, pelas ciclizações enzimáticas intramoleculares podem ser formadas cumarinas (BRUNETON, 2001).

Figura 3 - Formação de compostos fenilpropanóides.

Fonte: SIMÕES et al., 2017.

Por sua vez, os terpenóides compõem uma grande variedade de substâncias de origem vegetal, sendo que o termo é utilizado para denominar as substâncias de origem biossintética derivadas de unidades de isopreno (FIGURA 4) (BRUNETON, 2001).

Figura 4 - Estrutura química básica do isopreno.

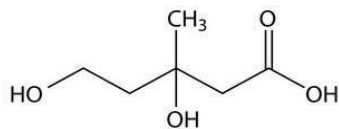
Fonte: O autor.

Os terpenos, hidrocarbonetos ou derivados oxigenados dos terpenóides, são os principais constituintes dos OE. O número de terpenos conhecidos passa de 8.000, como compostos descritos em OE é estimado um número maior que 150 monoterpenos e 1000 sesquiterpenos (BRUNETON, 2001 apud WAGNER 1993).

Os terpenos são formados por unidades de isopreno, e o perfil terpênico geralmente apresenta substâncias constituídas por moléculas de dez e de quinze carbonos, monoterpenos e sesquiterpenos, respectivamente, sendo os

monoterpenos formados por duas unidades de isopreno e os sesquiterpenos formados por três unidades de isopreno. Por sua vez, a unidade de isopreno, é formada a partir do ácido mevalônico (FIGURA 5) (BRUNETON, 2001).

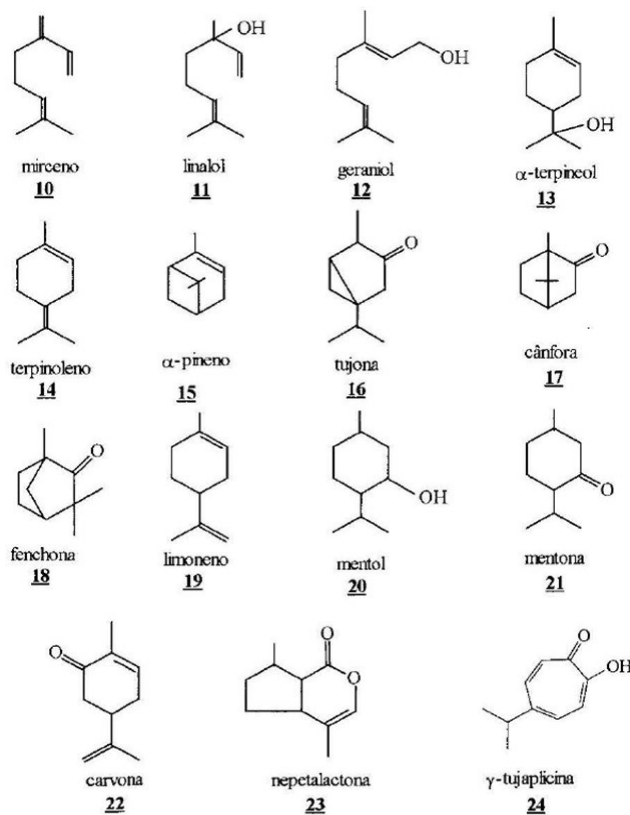
Figura 5 - Estrutura química básica do ácido mevalônico.



Fonte: O autor.

Os terpenóides predominantes nos OE são os monoterpenos (cerca de 90% dos óleos voláteis). Os monoterpenos ainda podem ser divididos em três subgrupos: acíclicos, monocíclicos e bicíclicos (FIGURA 6). Em cada um desses subgrupos, ainda existem outras classificações: hidrocarbonetos insaturados, álcoois ou cetonas, lactonas e tropolonas (BRUNETON, 2001).

Figura 6 - Exemplos de compostos monoterpênicos de ocorrência em OE. (Acíclicos (10, 11, 12); monocíclicos (13, 14); bicíclicos (15, 16, 17, 18); hidrocarbonetos insaturados (19); álcoois (20); cetonas (21, 22); lactonas (23); tropolonas (24)).



Fonte: BRUNETON, 2001.

2.1.3. Identificação e caracterização dos OE

O controle de qualidade dos OE é bastante relevante, visto que há adulteração desses produtos em virtude do seu elevado valor agregado. Dessa forma, é necessário a realização de testes para garantir a qualidade e segurança dos óleos, além de verificar as características físico-químicas do produto (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009).

As principais análises realizadas para a caracterização e identificação dos OE são o índice de refração (IR), a densidade e a determinação dos constituintes químicos do óleo por análises cromatográficas (SILVEIRA et al., 2012).

De acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2005), o IR é medido quando um raio de luz com comprimento de onda definido atravessa o OE em temperatura constante, sendo calculado pela diferença entre a velocidade da luz no ar e a velocidade da luz ao atravessar o óleo. Essa propriedade é determinada com o uso de refratômetros.

A densidade, por sua vez, baseia-se na razão entre a massa e o volume de uma determinada amostra. Dentre as formas de densidade estão a densidade absoluta que é uma propriedade física individual de cada substância e pode ser calculada pela relação entre a massa da substância e o volume ocupado por essa massa ($d=m/V$) (ANVISA, 2008).

A técnica mais utilizada para determinação qualitativa dos OE é a cromatografia gasosa – gas chromatography (GC), uma técnica amplamente utilizada para a separação e identificação de misturas complexas. Nesse sentido, uma variedade de gases pode ser utilizada como fase móvel/gás de arraste, dependendo das características físico-químicas da amostra e dos componentes do cromatógrafo gasoso, desde que gás não reaja com os analitos nem com a fase estacionária durante as análises. Ao injetar-se a amostra, seja ela gasosa ou líquida volatilizada, o gás de arraste tem a função de transportá-la até a fase estacionária, localizada na coluna cromatográfica. Nessa etapa, as diferentes partes da amostra se distribuem entre a fase estacionária (coluna) e a fase móvel (gás). Durante o percurso dos analitos pela coluna cromatográfica, ocorrem interações analito-fase móvel e analito-fase estacionária, onde algumas substâncias acabam ficando retiradas na coluna e outras são carregadas pela

fase móvel por mais tempo e, conseqüentemente, ocorre a separação dessas partes, as quais saem da coluna em tempos distintos. Os componentes separados são então detectados pelo cromatógrafo gasoso (BIOCHEMIE, 2022).

Os OE são separados e identificados principalmente por Cromatografia Gasosa acoplada com Detector de Ionização de Chama (Gas chromatography-flame ionization detector - GC/FID) ou acoplada a Espectrometria de Massa (Gas chromatography-mass spectrometry detector - GC/MS) (SUBKI et al., 2013).

Um detector de ionização em chama (FID) geralmente emprega uma chama de hidrogênio/ar na qual a amostra é introduzida e queimada para a oxidação das moléculas orgânicas, resultando na formação de íons carregados eletricamente. Esses íons são coletados e geram um sinal elétrico que é então quantificado na forma de cromatograma (HOLM, 1999).

Por outro lado, os detectores de espectrometria de massas (MS) são empregados para detectar e identificar moléculas de interesse, através da medição de sua massa e caracterização de sua estrutura química. O princípio físico fundamental de detector de massa envolve a geração de íons moleculares utilizando um método apropriado, seguido pela sua separação com base na relação massa/carga (m/z) e, posteriormente, a detecção qualitativa e quantitativa dos íons com base em sua taxa m/z e abundância respectivas (SIQUEIRA, 2018).

No entanto, com o uso de detectores FID, os compostos separados só podem ser identificados com a comparação com os tempos de retenção de padrões usados como referência. Por outro lado, com detectores MS, os compostos podem ser identificados através da sua massa molecular (BUENO, 2007).

2.2 Eucalipto

Originário da Austrália, Tasmânia e outras ilhas da Oceania, não há uma data exata para a introdução do eucalipto no Brasil, entretanto, existem relatos de que os primeiros exemplares foram plantados nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Rio Grande do Sul em meados do século XIX (EMBRAPA, 2019).

As espécies de eucalipto, em razão do seu rápido crescimento, de sua capacidade de adaptação em várias regiões ecologicamente diferentes e pelo seu potencial econômico, vem sendo utilizadas no Brasil e no mundo devido às diversas possibilidades de utilização da sua madeira. Conferindo um grande atrativo ao cultivo do eucalipto, a grande produtividade de madeira, com baixos custos de investimento e maiores taxas de retorno, assegura competitividade dos produtos nos mercados externo e interno (EMBRAPA, 2019).

Botanicamente são mais de 700 espécies de eucalipto reconhecidas, possuindo propriedades físicas e químicas tão diversas que fazem com que sejam utilizados para os mais diversos fins, como lenha, fabricação de papel, geração de energia, entre outros (EMBRAPA, 2019). Dentre as 700 espécies, um pequeno número destas são economicamente importantes para as condições climáticas da Região Sul do Brasil, incluindo a região Oeste do Paraná.

No Brasil, incluindo o estado do Paraná, o eucalipto é o gênero que abrange as espécies mais plantadas atualmente, principalmente para fins energéticos (WREGGE et al., 2018).

Com relação às espécies plantadas na região Oeste do Paraná, a espécie *Eucalyptus grandis* é uma das mais comuns. A espécie muito utilizada em áreas tropicais e subtropicais, no Brasil e em outros países, se destaca pelo seu rápido crescimento, desde que esteja sob condições favoráveis. O aumento da produção de celulose de fibra curta no Brasil deve-se a esta espécie (FILHO; SANTOS; FERREIRA, 2006).

Dentre os combustíveis usados como fonte de calor, a lenha tem sido a mais consumida, principalmente em cooperativas e unidades de estocagem para a secagem de grãos. Estima-se que 26% da energia consumida pelo setor agrícola são originários de lenha, já que, economicamente, tem sido a melhor alternativa, em consequência do seu baixo custo quando comparado com os demais combustíveis (BELL, 2012). De qualquer forma, é um volume de madeira bastante grande, superior ao seu consumo para a fabricação de móveis e similares (BRITO, 2007).

Segundo Simioni et al. (2018), a biomassa de origem florestal é fonte muito importante na matriz energética do Brasil, onde o eucalipto é a principal

espécie para o suprimento da necessidade de lenha, podendo iniciar o corte das árvores a partir dos 6 anos de idade, ou até os 12 anos.

A identificação e quantificação da biomassa pelas empresas do setor madeireiro proporciona o estabelecimento de um sistema de gestão desses resíduos, como folhas e galhos. Muitas vezes, esses resíduos são utilizados para queima em fornos ou na geração de energia, tendo pouco valor agregado (FERREIRA, 2014). Sendo uma alternativa para as empresas, a extração de OE das folhas de eucalipto pode elevar o valor econômico dos resíduos deixados após a derrubada e corte da madeira, que eram deixadas no solo para adubação (PELIZARDO et al., 2013).

Dessa forma, o eucalipto, cultivado como essência florestal para produção de madeira, constitui-se também numa importante cultura produtora de OE no Brasil, sendo o país um dos principais produtores mundiais (MAFFEIS; SILVEIRA; BRITO, 2000).

2.2.1 OE de eucalipto

Os OE de eucalipto se concentram predominantemente nas folhas, sendo produzidos em pequenas glândulas, que se encontram distribuídas em toda estrutura foliar na grande parte das espécies. Em certas espécies, essas glândulas são vistas como pequenos pontos translúcidos quando a folha é visualizada contra a luz (JUNIOR; SANTOS, 2021).

No caso dos eucaliptos, estudos indicam que a ocorrência dos OE estaria associada com a defesa da planta contra insetos e resistência a temperaturas mais baixas (VITTI; BRITO, 2003 apud DORAN, 1991).

Diversos fatores possuem influência na obtenção e na composição química de OE provenientes de eucalipto, dentre eles estão: a variabilidade genética, as condições do ambiente, a idade das folhas, as técnicas de amostragem das folhas, o método de extração e o método de análise do óleo (VITTI; BRITO, 2003).

Os OE de eucalipto envolvem cerca de 50 a 100 compostos orgânicos voláteis (JUNIOR; SANTOS, 2021).

Segundo Dhakad et al. (2017), os OE provenientes das folhas de eucalipto podem ter diversas propriedades que incluem atividade antimicrobiana, antioxidante, antiséptica, podendo ser utilizado como agente quimioterápico, no tratamento de distúrbios gastrointestinais, na cicatrização de feridas. Além disso, é bastante utilizado na fabricação de perfumes, sabonetes e repelentes de insetos devido suas propriedades inseticidas.

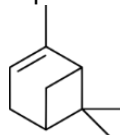
Dentre as espécies de eucalipto cultivadas no oeste do Paraná que possuem potencial na produção de OE está o *Eucalyptus grandis*. A espécie *E. grandis* é um quimiotipo com OE ricos em terpinenos ou derivados, que possui atividades biológicas importantes. Na literatura são poucos os dados encontrados sobre os OE dessa espécie (PEREIRA, 2010).

A extração do OE de eucalipto pode ser feito extraído das folhas adultas ou jovens, e ainda verdes ou secas. Análises com diversas espécies de eucalipto apontam que a extração do OE alcança maior rendimento quando ocorre o aumento da remoção do conteúdo de umidade inicial através da secagem forçada das folhas (BRAGA; CREMASCO; BRITO, 2004).

De acordo com Alfian et al. (2019) e Lucia et al. (2007), os compostos majoritários do OE de eucalipto da espécie *E. grandis* são o α -pineno e o 1,8-cineol, também chamado de eucaliptol, determinados por análises cromatográficas.

O α -pineno (FIGURA 7), classificado como hidrocarboneto monoterpenico, é encontrado em OE de diversas espécies de plantas e é muito utilizado na produção de inseticidas (LUCIA et al., 2007). Além disso, estudos demonstram a atividade antimicrobiana moderada desse constituinte (SANTOS, 2016).

Figura 7 – Estrutura química básica do α -pineno

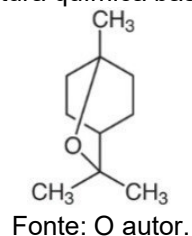


Fonte: O autor.

De acordo com Andrade e Marçal (2023), o 1,8-cineol (FIGURA 8) é um monoterpeno que apresenta alto índice terapêutico. Comumente chamado de eucaliptol, é um composto presente em OE muito usado na odontologia, possuindo atividades antibacteriana, antifúngicas e toxicidade baixa. Além disso,

existem estudos que verificaram que o 1,8-cineol apresenta atividades antihipertensiva, antiasmática e analgésica (ALVES; FERREIRA; FILHO, 2016).

Figura 8 - Estrutura química básica do 1,8-cineol



De acordo com Vitti e Brito (2003), a composição química do OE pode sofrer variações devido a alguns fatores como condições ambientais, métodos de análise e o método de extração do OE.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Amostragem

As folhas frescas de *E. grandis* foram coletadas em área de cultivo de eucalipto de corte, na região oeste do estado do Paraná, na cidade de Marechal Cândido Rondon (na localização espacial -24,4942200, -54,1449500), dias antes da derrubada das árvores, que tinham cerca de 10 anos de idade.

A coleta das folhas foi feita no dia 10 de outubro de 2022, no período da tarde, com índice pluviométrico acumulado para a região em torno de 200-250 mm para a época em questão (IDR-PR, 2022).

3.2 Determinação do teor de umidade das folhas de eucalipto

A determinação do teor de umidade foi realizada com 1,0 g de amostra das folhas, utilizando uma balança de determinação de umidade com lâmpada de infravermelho (modelo I-thermo 163I, marca BEL Engineering), após a colheita e, em triplicata, antes da realização de cada extração do OE.

A partir dos resultados obtidos, foi calculada a média aritmética simples (\bar{x}) (Equação 1) de umidade presente nas amostras utilizadas em cada uma das extrações, seguida do desvio padrão (Dp) (Equação 2) para verificar a variação entre os valores obtidos.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

Onde: \bar{x} = média

x = valores dos dados;

n = quantidade de dados.

$$D_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (2)$$

Onde: Dp = desvio padrão

x_i = elementos do conjunto

\bar{x} = média do conjunto

n = quantidade de elementos no conjunto

3.3 Secagem das folhas de eucalipto

Uma quantidade de folhas de eucalipto foi disposta em uma estufa de ar forçado (modelo LUCA 82/180, marca Lucadema), com temperatura variando entre 37 °C e 35 °C, onde permaneceram por cerca de 20 h, até atingir umidade entre 10 e 15 %, medidos na balança de determinação de umidade, conforme metodologia de secagem adaptada de Da Silva et al. (2019) e Achmad et al. (2018).

3.4 Método de extração de OE das folhas de eucalipto

A extração do OE foi realizada a partir das folhas secas e das folhas frescas. O método de extração utilizado foi a técnica de hidrodestilação em aparelho de Clevenger, acoplado a um sistema de refrigeração para manutenção da água de condensação, em escala laboratorial (FIGURA 9).

Figura 9 - Hidrodestilação com Clevenger.



Fonte: O autor.

O procedimento foi realizado em triplicata com diferentes tempos de extração (60 min, 90 min e 120 min) para folhas frescas e secas, utilizando 100,0 g de folhas trituradas para 1000 mL de água destilada (quantidade suficiente para cobrir as amostras), adicionados no balão de fundo redondo (BR) com capacidade de 2000 mL, conforme metodologia adaptada de Mundo-Crivelli, Zaramello e Ferreira (2014). As folhas utilizadas foram trituradas anteriormente para facilitar a transferência para o BR e, também, para aumentar a área de contato das amostras com a água.

Ao final da extração, por diferença de densidade e imiscibilidade (formação de duas fases), o OE e a fase aquosa condensada foram separados.

O OE foi acondicionado em um pequeno frasco de vidro âmbar, onde foi adicionada uma pequena quantidade de sulfato de sódio anidro P.A (Na_2SO_4) (marca Êxodo Científica) para remoção da água que possa ter ficado em suspensão com o OE, conforme descrito por Mundo-Crivelli, Zaramello e Ferreira (2014). Em seguida, o OE foi armazenado em vial âmbar fechado e acondicionado em geladeira a baixa temperatura, em refrigerador.

3.5 Rendimento da obtenção do OE de eucalipto

O rendimento (η) da extração foi calculado, a partir da massa das folhas utilizadas (m), desconsiderando a umidade determinada antes de cada extração, em relação ao volume de OE puro obtido (V) (Equação 3).

$$\eta = \frac{V}{m} \times 100$$

3

A partir dos resultados obtidos em cada extração, foi calculada a \bar{x} (Equação 1) para o rendimento de OE em cada triplicata, nos três tempos de extração utilizados. Em seguida, foi calculado o Dp (Equação 2) para verificar a variação entre os valores obtidos.

3.6 Determinação da densidade absoluta do OE de eucalipto

A densidade absoluta do OE de eucalipto foi determinada considerando a relação de massa e volume. Para a determinação da massa foi utilizando balança analítica (marca Aczet, modelo CY 224C) e para determinação do volume foi utilizada micropipeta (KASVI modelo K1-100^a) com faixa de ação entre 10 a 100 μL , calibrada com água destilada.

A determinação da densidade absoluta foi realizada em triplicata para cada extração, utilizando 100 μL do OE obtido, em ambiente com temperatura entre 20 e 25 °C.

A partir dos resultados obtidos, foi calculada a \bar{x} (Equação 1) para a densidade de cada amostra de OE obtido, seguida do Dp (Equação 2) para verificar a variação entre os valores obtidos.

3.7 Determinação do índice de refração do OE de eucalipto

Nesse ensaio, o índice de refração do OE de eucalipto foi determinado utilizando-se um refratômetro tipo Abbe (marca Instrutherm), previamente calibrado com água destilada ($n_D=1,333$). Cada amostra foi analisada em triplicata.

Para a leitura do IR das amostras, foram colocadas algumas gotas de óleo no equipamento e a leitura foi feita pela escala do aparelho.

A partir dos resultados obtidos, foi calculada a \bar{x} (Equação 1) para o IR de cada amostra de OE obtido, seguida do Dp (Equação 2) para verificar a variação entre os dados obtidos.

3.8 Determinação da composição química do OE de eucalipto

A determinação da composição química do OE de eucalipto foi realizada utilizando a técnica Cromatografia Gasosa com Detector de Ionização de Chama (GC/FID). As análises foram realizadas no Laboratório Multiusuário Central Analítica (LABCA) na UTFPR campus Toledo.

A análise instrumental para a caracterização do OE de eucalipto foi realizada baseando-se na metodologia utilizada por Bizzo et al. (2020). As análises foram realizadas em um equipamento CG/FID (marca Perkin Elmer, modelo Clarus 680), com injetor manual.

Utilizou-se uma coluna Elite-5 (composição 5% difenil – 95% dimetilpolisiloxano, 30 m x 0,25 mm x 0,25 μm), com temperatura da coluna variando de 60 °C a 240 °C a uma taxa de 3,0 °C min^{-1} e hidrogênio como gás de arraste (fluxo de 1,5 mL min^{-1}). O injetor foi operado a 250 °C com divisão de fluxo 1:50 e o volume de amostra injetado foi de 10 μL .

O octanoato de metila (99,8%, marca Sigma Aldrich) foi utilizado como padrão interno (PI), sendo preparada uma solução a 2%. O solvente utilizado foi o hexano PA, com pureza de 99% (marca ACS Científica). Além disso, foram utilizados os seguintes padrões substância: α -pineno (98,5%), 1,8-cineol (99,0%), α -terpineol (95,0%), carvacrol (98,0%), linalool (99,6%) e β -cariofileno (80%), todos do fabricante Sigma Aldrich, sendo preparados 1 mL, em balão volumétrico, em triplicata, a 2% da substância em hexano. Além disso, também foi injetada uma mistura de alcanos saturados (C7-C40, marca Sigma Aldrich) para calcular o índice de retenção linear (IRL).

As amostras de OE foram preparadas a partir de uma mistura de OE obtido a partir de cada triplicata com os diferentes tempos de extração, utilizando-se 10 μL de OE e 50 μL de PI, diluídos em hexano até completar 1 mL medidos em balão volumétrico, sendo preparadas em triplicata para cada mistura de OE.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção estão apresentados e discutidos os resultados obtidos nas análises para determinação da qualidade do OE de eucalipto da espécie *E. grandis*, a partir de testes de umidade, secagem, índice de refração, densidade, rendimento e caracterização da composição química por cromatografia.

Todos os resultados apresentados a seguir foram determinados e/ou calculados para extrações com folhas frescas e secas, com tempos de extração de 120 min, 90 min e 60 min, sendo todas elas realizadas em triplicata.

4.1 Umidade das folhas de eucalipto

A umidade inicial das folhas, após a colheita, estava, em média, 55 %. Para a extração do OE utilizando-se folhas verdes, foi determinada umidade das amostras entre 43,2 % e 47,7 % (TABELA 1).

Tabela 1 - Percentual de umidade presente nas folhas de eucalipto em cada uma das extrações de OE realizadas utilizando folhas frescas

T (min)	Amostras	U (%)	\bar{x} U (%)	DP
120	1	47,2	45,3	1,37
	2	44,3		
	3	44,4		
90	1	45,4	44,9	1,20
	2	43,2		
	3	46,0		
60	1	44,7	46,4	1,25
	2	46,7		
	3	47,7		

Fonte: O autor.

Os valores de percentual de umidade obtidos para as folhas frescas de eucalipto estão de acordo com o encontrado por Freitas e Ferreira (2014), em São Paulo, e Ricardo e Rosa (2014), no Rio Grande do Sul, para umidade de folhas de eucalipto *in natura*, sendo entre 49,1 % \pm 0,3 e 51 % \pm 2,6, respectivamente.

As folhas, que foram secas em estufa por aproximadamente 20 h a uma temperatura de 35-37 °C, apresentaram, no final, umidade entre 10,2 % e 11,8 % (TABELA 2).

Tabela 2 - Percentual de umidade presente nas folhas de eucalipto em cada uma das extrações de OE realizadas utilizando folhas secas

T (min)	Amostras	U (%)	\bar{x} U (%)	DP
120	1	11,8	10,8	0,68
	2	10,4		
	3	10,3		
90	1	10,4	11,3	0,62
	2	11,6		
	3	11,8		
60	1	10,2	11,0	0,62
	2	11,7		
	3	11,2		

Fonte: O autor.

Para a umidade das folhas após secagem em estufa, com temperatura entre 35-37 °C, os valores estão de acordo com o proposto por Achmad et al. (2018), na Indonésia, que citou ótimos rendimentos de OE para extrações utilizando folhas de *Eucalyptus citriodora* com umidade de aproximadamente 12%. De acordo com Pelizardo et al. (2013), a faixa de temperatura usada na secagem é determinada com o objetivo de evitar danos às folhas e, principalmente, a perda por evaporação dos compostos voláteis presentes.

Os resultados para o Dp calculado foram muito satisfatórios para os ensaios de umidade para as folhas secas, obtendo-se valores com baixa variação no percentual de umidade, visto que a umidade pôde ser controlada, através da temperatura da estufa e tempo de secagem.

Já para os ensaios de umidade com as folhas frescas, a variação entre os dados foi mais alta, e, dessa forma, o Dp calculado não foi tão satisfatório, com o percentual de umidade variando $\pm 3\%$ em cada triplicata.

As folhas secas, com a diminuição do percentual de umidade em seu interior, tem seu peso diminuído. Dessa forma, para as extrações realizadas utilizando as folhas secas, foi utilizada uma maior quantidade de amostras, em volume, do que para as folhas frescas (mais pesadas).

4.2 Cálculo do rendimento das extrações de OE de eucalipto

O rendimento para cada extração de OE de eucalipto realizada foi calculado de acordo com a Equação 3, tendo a massa de amostra utilizada na extração, desconsiderando a sua umidade, e o volume de OE. A \bar{x} de rendimento para cada tempo de extração foi calculada de acordo com a Equação 1 e o Dp entre os dados foi calculado de acordo com a Equação 2 (TABELAS 3 E 4).

Tabela 3 - Rendimento das extrações de OE de *E. grandis* utilizando folhas verdes

T (min)	Amostras	V OE (mL)	Massa de folhas (massa pesada - %umidade) (g)	η	$\bar{x} \eta$	DP
120	1	0,77	52,8	1,46	1,38	0,06
	2	0,77	55,7	1,38		
	3	0,73	55,6	1,31		
90	1	0,28	54,6	0,51	0,53	0,01
	2	0,30	56,8	0,53		
	3	0,29	54,0	0,54		
60	1	0,23	55,3	0,42	0,42	0,01
	2	0,23	53,3	0,43		
	3	0,22	52,3	0,42		

Fonte: O autor.

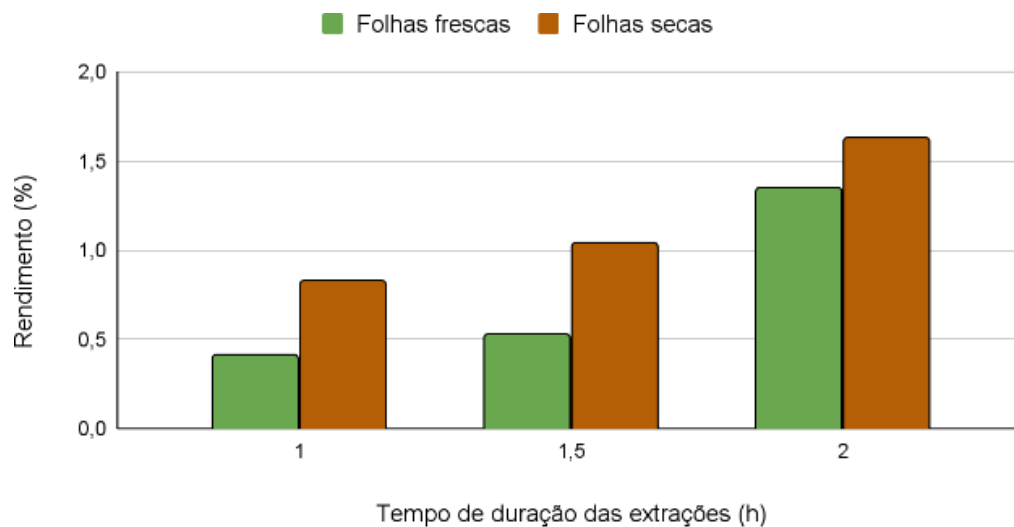
Tabela 4 - Rendimento das extrações de OE de *E. grandis* utilizando folhas secas

T (min)	Amostras	V OE (mL)	Massa de folhas (massa pesada - %umidade) (g)	η	$\bar{x} \eta$	DP
120	1	1,45	88,2	1,64	1,63	0,021
	2	1,48	89,5	1,65		
	3	1,44	89,7	1,61		
90	1	0,96	89,6	1,07	1,04	0,026
	2	0,89	88,4	1,01		
	3	0,92	88,2	1,04		
60	1	0,73	89,4	0,82	0,83	0,008
	2	0,73	88,5	0,82		
	3	0,74	88,6	0,84		

Fonte: O autor.

As extrações realizadas com as folhas secas apresentaram maiores valores de rendimento, quando comparadas com as extrações realizadas com folhas frescas (FIGURA 10).

Figura 10 - Gráfico de comparação entre o rendimento das extrações de OE de eucalipto com folhas frescas e folhas secas



Fonte: O autor.

O rendimento foi mais elevado para as extrações com folhas secas devido a menor presença de água no interior das folhas. Dessa forma, tendo menor percentual de umidade nas folhas, mais material vegetal é posto em contato com a água em ebulição no sistema e, conseqüentemente, mais OE é evaporado.

Com relação ao rendimento entre as extrações de 60, 90 e 120 min com as folhas secas, a variação entre os valores se deve ao fato de que as extrações de 60 min tiveram as folhas em contato com a água em ebulição por menos tempo, e esse tempo não foi suficiente para evaporar todo o óleo volátil nelas contido. Por outro lado, nas extrações com 120 min, as folhas ficaram em contato com a água em ebulição por um tempo relativamente maior, evaporando maior quantidade de óleos voláteis contidos, obtendo-se assim, maior rendimento para a extração. O mesmo princípio se aplica para as extrações de 90min, obtendo-se rendimento superior às extrações de 60 min e inferior às extrações de 120 min.

A mesma premissa se aplica as extrações de 60, 90 e 120 min realizadas com as folhas verdes.

Com relação aos valores calculados de D_p apresentados nas Tabelas 3 e 4, os dados são satisfatórios, visto que houve pouca variação no rendimento de cada triplicata, obtendo-se assim um D_p muito baixo.

Para as extrações realizadas com as folhas frescas, todos os dados apresentados na literatura por Toloza et al. (2008), Pereira (2010) e Pereira, Guerrini e Sholl (s.d) acerca do rendimento de OE do *E. grandis*, são inferiores aos resultados obtidos neste trabalho (TABELA 5).

Tabela 5 - Rendimento para *E. grandis* para extrações com folhas frescas

Local	η (%)	Tempo de extração	Massa de amostra (g)	Fonte
Argentina	0,36	70 min	100g	Toloza et. al. (2008)
MG, Brasil	0,26	3h	100g	Pereira (2010)
RS, Brasil	0,30	1h	50g	Pereira, Guerini, Sholl, s.d.

Fonte: O autor.

Por sua vez, para as extrações realizadas com as folhas secas, os dados encontrados na literatura também não são semelhantes aos obtidos. Coffi et al. (2012) e Dethier et al. (2011) obtiveram valores inferiores aos deste trabalho quando comparados o tempo de extração e a massa de amostra. Já Ogunwande et al. (2003) obteve rendimento superior, utilizando maior tempo de extração, além de uma quantidade superior de amostra. (TABELA 6).

Tabela 6 - Rendimento para *E. grandis* encontrado na literatura para extrações com folhas secas

Local	η (%)	Tempo de extração	Massa de amostra (g)	Fonte
França	0,54	3h	200g	Coffi et al. (2012)
Nigéria	4,70	4h	450g	Ogunwande et al. (2003)
África	0,60	3h	300g	Dethier et al. (1994)

Fonte: O autor.

Todos os autores mencionados utilizaram a mesma metodologia de extração de OE utilizada neste trabalho, hidrodestilação com Clevenger, tanto para as extrações com folhas frescas quanto com folhas secas.

De acordo com Santos (2016), condições climáticas, relevo, idade das arvores, principalmente, a umidade das folhas podem ter influenciado na grande variação desses valores, visto que os resultados citados foram encontrados em diferentes países, com climas variados. Além disso, não foi citada a idade das árvores de onde foram coletadas as amostras e nem o percentual de umidade presente nas folhas utilizadas nas extrações realizadas pelos autores.

4.3 Cálculo da densidade absoluta do OE obtido

Para os ensaios de determinação da densidade absoluta do OE de eucalipto, os valores obtidos nesse trabalho estão apresentados nas Tabelas 7 (folhas verdes) e 8 (folhas secas).

Tabela 7 - Valores de densidade obtidos para OE de *E. grandis* obtido de folhas verdes

T (min)	Amostras	ρ (g/cm ³)	$\bar{x} \rho$	DP
120	1	0,909	0,907	0,006
	2	0,913		
	3	0,899		
90	1	0,904	0,910	0,005
	2	0,917		
	3	0,910		
60	1	0,914	0,912	0,003
	2	0,908		
	3	0,915		
	\bar{x}	0,910		

Fonte: O autor.

Tabela 8 - Valores de densidade obtidos para OE de *E. grandis* obtido de folhas secas

T (min)	Amostras	ρ (g/cm ³)	$\bar{x} \rho$	DP
120	1	0,909	0,910	0,003
	2	0,906		
	3	0,914		
90	1	0,917	0,913	0,006
	2	0,905		
	3	0,916		
60	1	0,905	0,903	0,003
	2	0,899		
	3	0,905		
	\bar{x}	0,908		

Fonte: O autor.

A partir das extrações realizadas com folhas verdes foi obtido OE com densidade média de 0,910 g cm⁻³ e para as extrações realizadas com as folhas secas foi obtido OE com densidade média de 0,908 g cm⁻³. Os resultados obtidos nas análises de determinação de densidade não tiveram muita variação, por este motivo, o *Dp* calculado para cada triplicata foi bem baixo, sendo satisfatório.

Com relação à densidade absoluta dos OE obtidos, os valores de densidades determinados estão entre a faixa citada por Alfian et al. (2019) apud SNI 06-3954 (2006) como sendo a densidade real do OE de *Eucalyptus*. Além disso, também está entre a faixa descrita na ISO 770 (2002) para densidade de OE da espécie *Eucalyptus globulus* Labill. Entretanto, está mais alta do que o descrito por Pereira, Guerini, Sholl (s.d) apud ISO 3044 (1974) que traz uma faixa de densidade para OE ricos em cineol e, mais alta que os valores obtidos no Brasil por Pereira, Guerini e Sholl (s.d.) e Coffi et al. (2012) na França (TABELA 9).

Tabela 9 - Densidade do OE de *E. grandis* de acordo com a literatura

	Local	T (°C)	ρ (g cm⁻³)	Fonte
Literatura	RS, Brasil	20	0,85	Pereira, Guerini, Sholl, s.d.
	França	-	0,8717	Coffi et al., 2012
		-	0,900–0,930	Alfian et. al. (2019)
		20	0,905-0,925	ISO 770-2002
		20	0,858-0,877	Pereira, Guerini, Sholl, s.d.
Este trabalho	PR, Brasil	25	0,910 – 0,908	Autor

Fonte: O autor.

Vale ressaltar que a densidade das substâncias pode variar com a temperatura na qual foi medida, e isso pode estar influenciando na diferença entre os valores encontrados pelos outros autores e neste trabalho, visto que todos os autores obtiveram os valores indicados na temperatura de 20 °C e para este trabalho a temperatura utilizada foi de 25 °C.

4.4 Obtenção do índice de refração do OE de eucalipto obtido

As análises para determinação do IR foram realizadas com os OE em temperatura entre 20 e 25°C, obtendo-se os valores indicados nas Tabelas 10 (folhas verdes) e 11 (folhas secas).

Tabela 10 - IR determinados para o OE de *E. grandis* obtido de folhas verdes

T (min)	Amostras	IR	\bar{x} IR	DP
120	1	1,478	1,4773	0,0025
	2	1,480		
	3	1,474		
90	1	1,473	1,4742	0,0008
	2	1,475		
	3	1,475		
60	1	1,472	1,4753	0,0025
	2	1,478		
	3	1,476		
	\bar{x}	1,4756		

Fonte: O autor.

Tabela 11 - IR determinados para o OE de *E. grandis* obtido de folhas secas

T (min)	Amostras	IR	\bar{x} IR	DP
120	1	1,472	1,4753	0,0025
	2	1,478		
	3	1,476		
90	1	1,471	1,476	0,0037
	2	1,477		
	3	1,480		
60	1	1,466	1,4703	0,0031
	2	1,472		
	3	1,473		
	\bar{x}	1,4739		

Fonte: O autor.

O IR médio obtido a partir das extrações realizadas com folhas verdes foi de 1,4756 e para as extrações realizadas com as folhas secas, IR médio foi de 1,4739. Os resultados obtidos nas análises de determinação do IR tiveram uma variação muito pequena de amostra para amostra. Dessa forma, o *Dp* calculado para cada triplicata foi bem baixo, sendo, então, resultado satisfatório.

Nos ensaios para determinação do IR do OE de eucalipto obtido, os resultados encontrados estão dentro da faixa descrita por Alfian et al. (2019) apud SNI 06-3954 (2006), como sendo o IR real para o OE de eucalipto. Além disso, o IR obtido está abaixo da faixa descrita por Pereira, Guerini, Sholl (s.d) apud ISO 3044(1974) para OE ricos em cineol, e abaixo dos resultados encontrados por Coffi et al., 2012, na França, e Sewanu (2012), na África do Sul (TABELA 12).

Tabela 12 – IR para *E. grandis* conforme literatura

	IR	Fonte
Literatura	1,4805	Coffi et al., 2012
	1,4865	Sewanu, 2012
	1.450 – 1.475	Alfian et al. (2019)
	1,450 – 1,459	Pereira, Guerini, Sholl, s.d.
Este trabalho	1,4756 – 1,4739	Autor

Fonte: O autor.

O IR é medido pela razão entre o seno do ângulo de incidência de um raio de luz deslocado pelo ar e o seno do ângulo de refração no líquido. Esse índice indica a alteração na velocidade de propagação do feixe de luz ao passar pela amostra, sendo característico para cada tipo de óleo (SHRINER et al., 1983). Dessa forma, o IR varia devido às diferentes composições possíveis dos OE, uma vez que a presença ou ausência desses compostos afetará a propagação da luz, alterando o índice analisado (MORAES, 2012).

A partir disso, a variação entre o valor obtido e os valores encontrados na literatura pode ser resultado da variação da composição química do OE de *E. grandis* utilizado na análise.

A avaliação dessa propriedade do OE é crucial, uma vez que produtos sintéticos ou adulterados exibem IR diferentes, devido a alteração na composição química. Portanto, por meio desse parâmetro, é possível verificar a pureza do OE, sendo uma forma de auxiliar no controle de qualidade.

4.5 Composição química do OE obtido

Para a determinação da composição química do OE obtido foi utilizada a técnica GC/FID, baseada na indicação de Bizzo et al. (2020). E, também, seguiu-se a utilização das planilhas eletrônicas para determinação e quantificação dos constituintes do OE, conforme indicado pelo artigo.

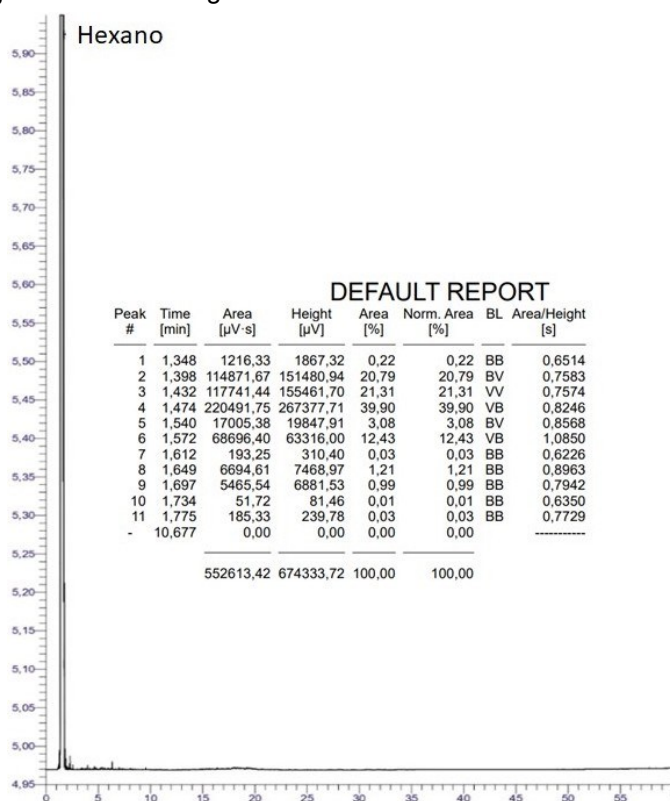
Inicialmente, foi preparada uma mistura dos 3 frascos de OE obtido para cada um dos três tempos de extração (60 min, 90 min e 120 min) para folhas verdes e folhas secas, com objetivo de otimizar as injeções, totalizando 6 frascos com OE. Em seguida, as soluções amostras foram preparadas, em triplicata, utilizando 10 µL de cada mistura de OE obtido e 50 µL do PI a 2% em um BV de

1 mL, diluídos em hexano até completar o volume, totalizando 18 amostras. Essa metodologia foi utilizada tanto para a caracterização dos OE obtidos de folhas verdes, quanto obtidos de folhas secas.

Os resultados obtidos a partir dos cromatogramas GC/FID foram identificados considerando a utilização das planilhas eletrônicas (BIZZO et al., 2020), bem como a comparação dos cromatogramas das substâncias consideradas padrões durante o processo.

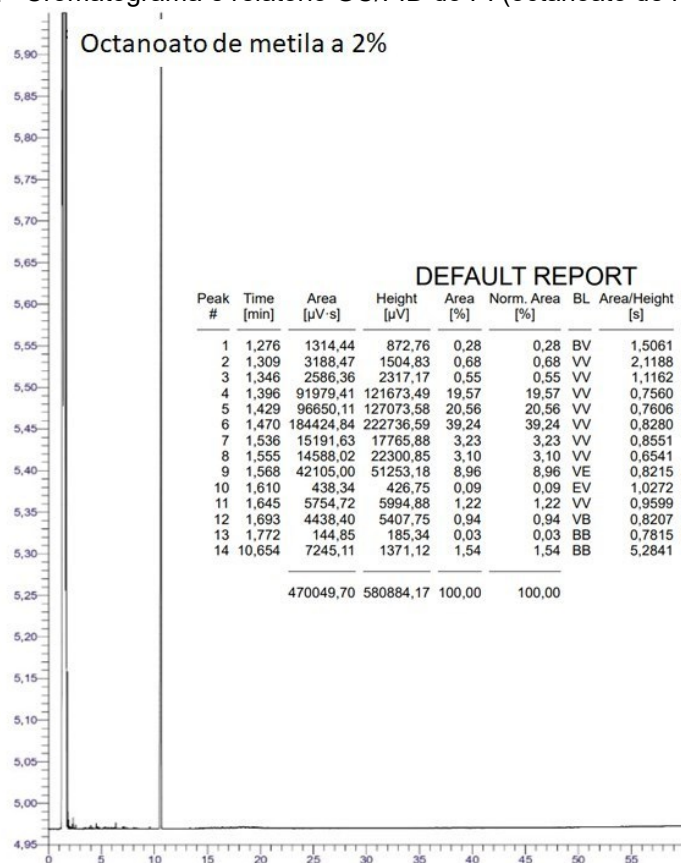
Os cromatogramas das substâncias de referências, solvente hexano, octanoato de metila, α -pineno e 1,8-cineol, podem ser vistos nas Figuras 11 a 14, respectivamente. Nas figuras, também pode-se observar o relatório eletrônico gerado para cada cromatograma, indicando o TR e a área de cada pico presente.

Figura 11 - Cromatograma e relatório GC/FID do solvente hexano



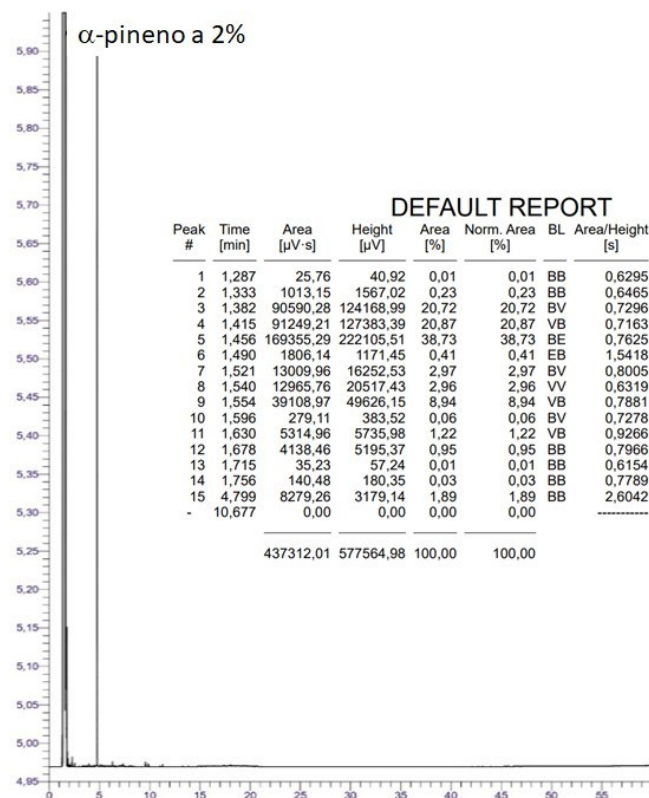
Fonte: O autor.

Figura 12 - Cromatograma e relatório GC/FID do PI (octanoato de metila) a 2%



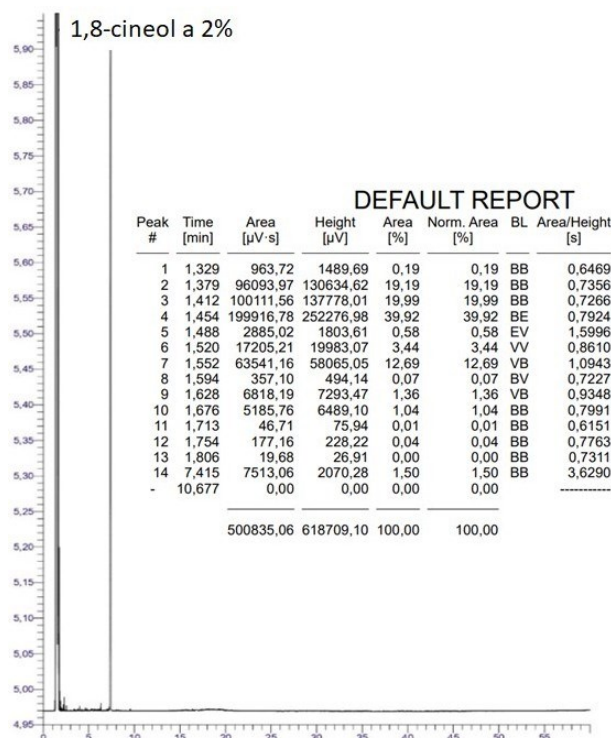
Fonte: O autor.

Figura 13 - Cromatograma e relatório GC/FID do padrão α -pineno a 2%



Fonte: O autor.

Figura 14 – Cromatograma e relatório GC/FID do padrão 1,8-cineol a 2%



Fonte: O autor.

Comparando-se os resultados, observa-se que o cromatograma do solvente hexano indica que a substância não está totalmente pura, apresentando vários picos até o TR de 1,775 min, aproximadamente (FIGURA 11). Também, deve-se retirar dos cromatogramas a serem analisados o pico com TR de 10,654 min, aproximadamente, referente ao PI octanoato de metila (FIGURA 12). Dessa forma, para as outras substâncias, pode-se desconsiderar tais picos, verificando o TR específico para cada uma das substâncias, e também para os OE.

As substâncias usadas para a identificação da composição química dos OE foram α -pineno (FIGURA 13) e 1,8-cineol (FIGURA 14), os quais apresentaram seus picos específicos nos TR de 4,779 min e de 7,415 min, respectivamente.

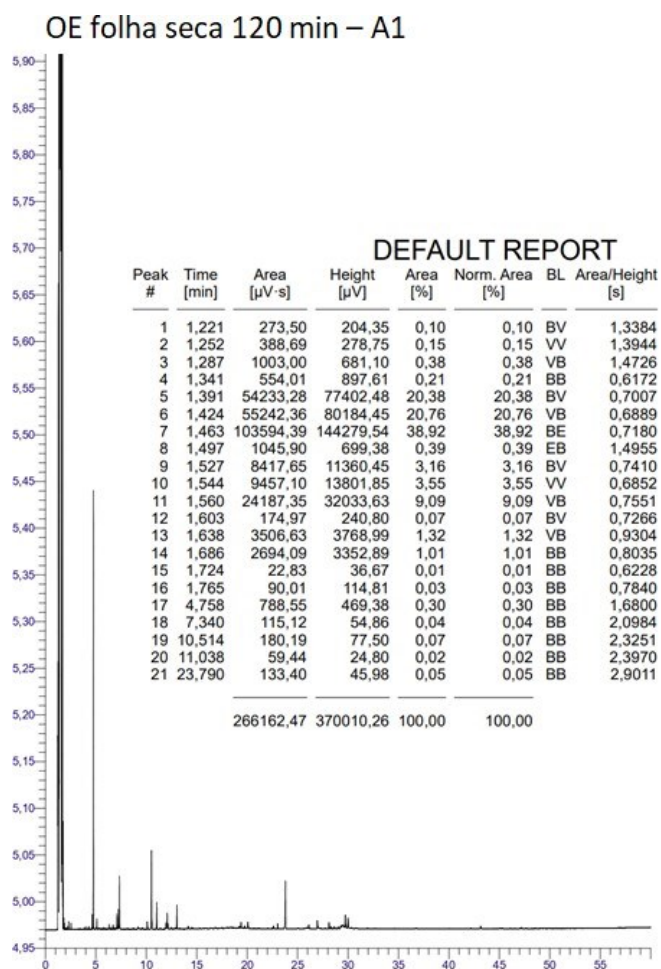
Outras substâncias padrões também foram analisadas para serem utilizadas no auxílio da determinação da composição química de cada OE, e seus cromatogramas podem ser vistos no Apêndice A (mistura de alcanos saturados C7-C30, α -terpeniol, linalol, carvacrol e β -cariofileno). Entretanto, essas substâncias não foram identificadas na composição química dos OE.

A partir dos resultados das substâncias padrões, juntamente com as planilhas eletrônicas (BIZZO et al., 2020), pode-se interpretar todos os cromatogramas obtidos para cada OE, identificando a sua composição química.

Cada OE obtido, variando-se a umidade da folha e o tempo de extração, obteve-se seu cromatograma seguindo a mesma metodologia, e com a adição das substâncias padrões.

Na Figura 15, pode-se observar o cromatograma do OE obtido de folha seca durante 120 min, pois esse foi o processo com melhor resultado de rendimento da extração de OE. Também, pode-se verificar, na Figura 15, todos os picos da composição química do OE e seus TR, na planilha eletrônica gerada durante a realização do CG/FID.

Figura 15 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 120 min de extração – A1



Fonte: O autor.

Os cromatogramas de todos os OE obtidos nesse trabalho estão apresentados no Apêndice B.

A partir destes cromatogramas e das suas respectivas planilhas eletrônicas desenvolvidas por Bizzo et al. (2020), identificou-se a composição química (parcial) dos OE de eucalipto extraídos.

As planilhas (BIZZO et al., 2020) calcularam o tempo de retenção (TR) médio e o índice de retenção linear (IRL) para os picos, de cada triplicata, que são referentes ao mesmo composto. O IRL de um componente é um número obtido a partir de uma relação entre o tempo de retenção do componente em estudo e os tempos de retenção de dois padrões (geralmente hidrocarbonetos, presentes na mistura de alcanos saturados) eluídos antes e depois do pico do composto de interesse (VIEGA; BASSOLI, 2007). Esses dados são importantes para comparação com valores da literatura descritos por Adams (2017), que usou os mesmos parâmetros de análise que os usados neste trabalho. Além disso, as planilhas calculam uma média da área (em percentual) para cada composto detectado nas triplicatas.

Com base nos dados obtidos e apresentados verifica-se que houve uma pequena variação no TR dos compostos, quando comparados o TR calculado com o da literatura, mas a identificação das substâncias comprovou-se com os cromatogramas dos padrões.

Com base em todos os resultados das composições químicas dos OE (FIGURA 15 e APÊNDICE B) e comparando-os entre si, foi possível, de forma geral, verificar e identificar a presença de 3 picos. Esses picos são referentes a 2 substâncias α -pineno e 1,8-cineol, que são consideradas as majoritárias na composição química dos OE do *E. grandis*, e uma substância com TR em 11,05 min, aproximadamente, que não pode ser identificada. A Tabela 13 apresenta os resultados encontrados nos experimentos e na literatura (ADAMS, 2017) para as substâncias comuns em todos os OE dos TR, IRL e área de cada pico.

Tabela 13 – Substâncias químicas detectadas por GC/FID nos OE de *E. grandis* extraídos

Extração	Pico	Composto	Tr _{cal}	Tr _{lit}	IRL _{cal}	IRL _{lit}	% Área
Extrações com folhas frescas	1	α -pineno	4,76	5,85	934	932	78,9
	2	1,8-cineol	7,35	8,76	1032	1026	12,7
	3	Não identificado	11,05	-	1213	-	8,4
Extrações com folhas secas	1	α -pineno	4,76	5,85	934	932	82,1
	2	1,8-cineol	7,35	8,76	1032	1026	11,9
	3	Não identificado	11,05	-	1213	-	6,0

Tr_{cal}: TR calculado; Tr_{lit}:TR encontrado na literatura; IRL_{cal}: índice de retenção linear calculado; IRL_{lit}: índice de retenção linear encontrado na literatura.

Fonte: O autor.

Alguns autores encontraram os 2 compostos identificados, α -pineno e 1,8-cineol, como sendo majoritários para o OE de *E. grandis*. Para Alfian et al. (2019) e Lucia et al. (2007), o α -pineno e o 1,8-cineol foram os dois compostos majoritários (TABELA 14). Já para Su et al. (2019), o α -pineno é o terceiro composto em maior quantidade, sendo o 1,8-cineol é o majoritário (TABELA 14). Além disso, Dethier et al. (1994), obteve em seu OE α -pineno como sendo o composto majoritário e 1,8-cineol como sendo o terceiro composto em maior quantidade (TABELA 14). Todos os autores citados extraíram o OE usando a metodologia de hidrodestilação com posterior análise da composição química por GC/MS.

Tabela 14 - Composição química do OE de *E. grandis* segundo à literatura

α -pineno (% área)	1,8-cineol (% área)	Referência
45,21 (1°)	36,55 (2°)	Alfian et al. (2019)
52,71 (1°)	18,38 (2°)	Lucia et al. (2007)
11,40 (3°)	19,80 (1°)	Su et al. (2019)
68,90 (1°)	4,40 (3°)	Dethier et al. (1994)

(1° - composto em maior quantidade; 2° - composto em segunda maior quantidade; 3° - composto em terceira maior quantidade).

Fonte: O autor.

Ao considerar a composição química em relação ao tempo de obtenção do OE de eucalipto (TABELA 15), pode-se verificar uma pequena variação da

área dos compostos identificados nos 3 tempos propostos de extração, tanto para o processo usando folhas secas como usando folhas verdes.

Tabela 15 – Composição química do OE de eucalipto em relação ao tempo de extração

Extração	Tempo	α -pineno (% área)	1,8-cineol (% área)	Não identificado (% área)
Extrações com folhas verdes	60 min	65,4	20,0	14,6
	90 min	77,4	15,1	7,5
	120 min	78,9	12,7	8,4
Extrações com folhas secas	60 min	78,0	14,4	7,7
	90 min	77,7	13,9	8,3
	120 min	82,1	11,9	6,0

Fonte: O autor.

Outro resultado importante observado na Tabela 15 está relacionado a área de cada substância em relação ao tempo de extração do OE. Observa-se que, conforme aumenta o tempo de extração do OE de eucalipto *E. grandis*, aumenta a área da substância α -pineno, e diminui a área tanto do 1,8-cineol como da substância não identificada. Isso indica que o aumento do tempo favorece a obtenção de substâncias mais “leves”, com menor TR. Este processo ocorre independentemente da umidade das folhas do eucalipto.

Isso pode ser importante em aplicações diferenciadas desses OE para a sociedade. Dessa forma, se for mais interessante um OE rico em α -pineno, deve-se usar maior tempo de extração do OE de *E. grandis*. Então, considerando todos os cromatogramas analisados para todos os OE obtidos, é possível concluir que o melhor resultado indica que a melhor condição de extração é utilizando 120 min com folhas secas, se considerar a porcentagem de α -pineno como interesse principal.

A identificação de apenas 2 substâncias na composição química dos OE extraídos no trabalho pode ser relacionada com a sensibilidade limitada da técnica CG/FID, não conseguindo detectar componentes presentes em quantidades muito pequenas (BLATT, 2021). Entretanto, isso não indica que o processo de extração do OE e nem a identificação da sua composição química estão com resultados errados ou fora do padrão, apenas, pode-se verificar a

necessidade de realização de outros tipos de análise, como por Cromatografia Gasosa Acoplada com Detector de Massas (GC/MS).

Assim, pode-se verificar que as metodologias propostas por esse trabalho, com menor tempo de extração do OE, obtêm-se resultados semelhantes relatados por outros autores, como também tendo seus resultados dentro do esperado.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho se apresentaram de maneira satisfatória para a qualidade do OE de eucalipto da espécie *Eucalyptus grandis*.

Foi possível verificar que características físico-químicas do OE extraído, como densidade absoluta e IR, são semelhantes aos dados entrados na literatura. Além disso, foi verificado que as características do OE não foram alteradas para o extraído a partir das folhas secas em, também não possuindo mudança significativa nos cromatogramas, quando comparados com os dados obtidos para o OE extraído a partir das folhas frescas. E, mediante análises instrumentais dos OE obtidos, verificou-se que a composição química é semelhante à relatada por diversos autores na literatura.

Dessa forma, o OE de *E. grandis* obtido das folhas de eucalipto plantado com finalidade de obtenção da madeira, é de qualidade, considerando todos os fatores que podem ter influência sobre isso.

Outras análises podem ser realizadas para de fato confirmar a qualidade do OE para que ele possa ser utilizado na fabricação de novos produtos.

REFERÊNCIAS

ACHMAD, H. N, et al. Determination of yield and chemical composition of eucalyptus oil from different species and locations in Indonesia. **Biological and Natural Resources Engineering Journal**, v. 1, n. 1, Indonésia, 2018.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/329915468_DETERMINATION_OF_YIELD_AND_CHEMICAL_COMPOSITION_OF_EUCALYPTUS_OIL_FROM_DIFFERENT_SPECIES_AND_LOCATIONS_IN_INDONESIA . Acesso em: 15 mai. 2023.

ADAMS, R. P. **Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy**. ed. 4.1., 2017.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/283650275_Identification_of_Essential_Oil_Components_by_Gas_ChromatographyQuadrupole_Mass_Spectroscopy. Acesso em: 10 mai. 2023.

ALFIAN, Z.; et al. GC-MS Analysis of Chemical Contents and Physical Properties of Essential Oil of Eucalyptus grandis from PT. Toba Pulp Lestari. **Asian Journal of Chemistry**; Vol. 31, No. 10, pg. 2319-2322, Indonésia, 2019.

Disponível em: <https://asianpubs.org/index.php/ajchem/article/view/459/459>. Acesso em: 13 mai. 2023.

ALVES, E. F., FERREIRA, J. L. S., FILHO, A. A. O. **Atividade terapêutica do monoterpeno 1,8-cineol: um teste in silico**. Anais I CONBRACIS, Editora Realize, Paraíba, 2016. Disponível em:

<<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/18951>>. Acesso em: 31 mai. 2023.

ANDRADE, L. C. P. J., MARÇAL, R. L. O uso do eucaliptol na odontologia.

Journal Research, Society and Development, v. 12, n. 5, 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/41469/33747>. Acesso em: 20 mai. 2023.

ANVISA. **Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos: Uma Abordagem sobre os Ensaios Físicos e Químicos**. 2ª edição, Brasília, 2008.

Disponível em: [https://www.gov.br/anvisa/pt-](https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/guia-de-controle-de-qualidade-de-produtos-cosmeticos.pdf/view)

[br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/guia-de-controle-de-qualidade-de-produtos-cosmeticos.pdf/view](https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/guia-de-controle-de-qualidade-de-produtos-cosmeticos.pdf/view). Acesso em: 21 jan. 2023.

BANDEIRA, K. C.; et. al. **Composição química do óleo essencial de Eucalyptus Citriodora**. XXIX Seminário de Iniciação Científica, Salão do Conhecimento - UNIJUÍ, Rio Grande do Sul, 2021. Disponível em:

<https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/20822>. Acesso em: 18 jan. 2023.

BASER, K. H. C.; BUCHBAUER, G. **Handbook of essential oils: science, technology, and applications**. CRC Press - Taylor & Francis Group, 2010. Disponível em: <https://naturalingredient.org/wp/wp-content/uploads/handbookofessentialoil.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2023.

BELL, R. A. O. **Demanda de lenha para secagem de grãos no estado do Paraná**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34585/R%20-%20D%20-%20RAQUEL%20ALVES%20DE%20OLIVEIRA%20BELL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 jan. 2023.

BIOCHEMIE. **Cromatografia Gasosa**. 2022. Disponível em: <https://biochemie.com.br/analises-instrumentais/cromatografia-gasosa>. Acesso em 19 jun. 2023.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, Vol. 32, No. 3, 588-594, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/QwJBsdNzGmZSq4jKmhVVDnJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 jan. 2023.

BIZZO, H. R., et al. Um Conjunto De Planilhas Eletrônicas Para Identificação E Quantificação De Constituintes De Óleos Essenciais. **Química Nova**, v. 43, n. 1, p. 98-105, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/tJX3Dg7vpF6Q6Dt9xdzKZmF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 15 mar. 2023.

BLATT, C. **Análise Qualitativa por GC-FID e GC/MS**. 2021. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/an%C3%A1lise-qualitativa-por-gc-fid-e-gcms-celso-blatt/?originalSubdomain=pt;>. Acesso em: 30 mai. 2023.

BRAGA, N. P.; CREMASCO, M. A.; BRITO, J. O. **Estudo da secagem das folhas de Eucalyptus Staigeriana por meio do acompanhamento da umidade do ar de descarga do secador**. XV COBEQ - II CBTERMO, São Paulo, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282252838_ESTUDO_DA_SECAGEM_DAS_FOLHAS_DE_Eucalyptus_staigeriana_POR_MEIO_DO_ACOMPANHAMENTO_DA_UMIDADE_DO_AR_DE_DESCARGA_DO_SECADOR. Acesso em 25 fev. 2023.

BRITO, J. O. **O uso energético da madeira**. Portal de revistas da USP, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/VJ7X8vqjmj8LZWzZzzKx6wdj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 17 jan. 2023.

BRUNETON, J. **Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas Medicinales**. Editorial Acribia, S.A., 2ª edición, Zaragoza, 2001. Disponível em: https://tejarrossi.files.wordpress.com/2017/01/farmacognosia_bruneton.pdf. Acesso em: 17 jan. 2023.

BUENO, P. C. P. **Desenvolvimento e validação de metodologia analítica em cromatografia gasosa para o controle de qualidade de 'Eucalyptus globulus' e seus produtos: planta desidratada, extratos, óleo essencial e xarope de eucalipto.** Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, USP, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/60/60138/tde-12112008-110919/publico/mestrado.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2023.

BUSATO, N. V.; et. al. **Estratégias de modelagem da extração de óleos essenciais por hidrodestilação e destilação a vapor.** Ciência Rural, Santa Maria, v.44, n.9, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/gvHbsFT68gFVPfBksDYYhnL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 fev. 2023.

CASTRO, N. E. A. **Caracterização fitoquímica de óleos essenciais de eucalipto e seu efeito sobre o protozoário tripanosomatídeo *Herpetomonas Samuelpessoai*.** Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Minas Gerais, 2006. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3519/1/TESE_Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20fitoqu%C3%ADmica%20de%20%C3%B3leos%20essenciais%20de%20eucalipto%20e%20seu%20efeito%20sobre%20protozo%C3%A1rio%20trypanosomat%C3%ADdeo%20Herpetomonas%20samuelpessoai.pdf. Acesso em: 05 mar. 2023.

CHÁVEZ, M. G. C. **Hidrodestilación de aceites esenciales: modelado y caracterización.** Universidad de Valladolid, Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Valladolid, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Cerpa-2/publication/235356074_Hidrodestilacion_de_aceites_esenciales_Modelado_y_Caracterizacion/links/54f8f71d0cf28d6deca2dbdc/Hidrodestilacion-de-aceites-esenciales-Modelado-y-Caracterizacion.pdf. Acesso em 28 jan. 2023.

COFFI, K.; et al. Monoterpene hydrocarbons, major components of the dried leaves essential oils of five species of the genus *Eucalyptus* from Côte d'Ivoire. **Natural Science** 4, 106-111, 2012. Disponível em: https://www.scirp.org/pdf/NS20120200002_66225343.pdf. Acesso em 20 mai. 2023.

COSTA, R. E. A. R., et al. Efeitos citogenotóxicos do α -terpineol em células meristemáticas de *Allium cepa* L. **Scientia Plena**, vol. 18, n. 4, 2022. Disponível em: <https://www.scientiaplenua.org.br/sp/article/view/6429/2482>. Acesso em 2 mai. 2023.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia.** Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008. Disponível em: <https://www.nipe.unicamp.br/docs/publicacoes/inte-biomassa-energia070814.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2023.

COUTINHO, V. M.; et. al. Mapeamento das áreas plantadas com *Eucalyptus spp.* no estado do Paraná. **Biofix scientific journal**, v.2 n.1, Paraná, 2017.

Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/51222/32004>. Acesso em 07 jan. 2023.

DA SILVA, L. C. P.; et al. Content and Chemical Profile of Essential Oil from Eucalyptus Fresh and Dry Leaves. **Agricultural Research & Technology**, v. 21, n. 2 RJ, Brasil, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332680531_Content_and_Chemical_Profile_of_Essential_Oil_from_Eucalyptus_Fresh_and_Dry_Leaves. Acesso em: 10 jan. 2023.

DHAKAD, A. K; et. al. **Biological, medicinal and toxicological significance of Eucalyptus leaf essential oil: a review**. Department of Forestry & Natural Resources, India, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8600>. Acesso em: 30 mar. 2023.

EMBRAPA. **Eucalipto**. Transferência de Tecnologia Florestal, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto>. Acesso em 27 jan. 2023.

FERREIRA, L. C. **Identificação do óleo essencial obtido de folhas e galhos residuais de Eucalyptus viminalis coletados na região Sudoeste do Paraná - Agregando valor à cadeia de produção da madeira**. UTFPR - Departamento de Química, Pato Branco, 2014. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15402/2/PB_DAQUI_2014_1_05.pdf. Acesso em 18 fev. 2023.

FILHO, E. P.; SANTOS, P. E. T.; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos Indicados para Plantio no Estado do Paraná**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Florestas - Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Documentos 129, Paraná, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/298986/1/doc129.pdf>. Acesso em 28 jan. 2023.

FILIPPIS, F. M. **Extração com CO2 Supercrítico de Óleo Essencial de Hon-sho e Ho-sho - Experimentos e Modelagem**. Departamento de Engenharia Química - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, UFRGS, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3161/000333226.pdf?sequence=1>. Acesso em 15 fev. 2023.

FREITAS, J. V. **Estudo da secagem natural e forçada das folhas de *Corymbia Citriodora* a partir da extração de óleos essenciais**. UNESP, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119148/000794236.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 mar. 2023.

FREITAS, J. V.; FERREIRA, M. C. **Secagem de folhas de eucalipto (*Corymbia citrodora*) em secador tipo cesto rotativo**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Santa Catarina, 2014. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east->

1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/0730-24263-172526.pdf. Acesso em: 10 mar. 2023.

HOLM, T. **Aspects of the mechanism of the flame ionization detector.** Journal of Chromatography A, 842, 221–227, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021967398007067?via%3DIihub>. Acesso em: 19 jun. 2023.

IAL. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 4. ed. São Paulo: IMESP, 2005. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2023.

IDR-PR. **Boletim agrometeorológico do IDR-Paraná de outubro foi marcado por chuvas decorrentes de frentes frias.** Agrometeorologia, 2022. Disponível em: [https://www.idrparana.pr.gov.br/Noticia/Boletim-agrometeorologico-do-IDR-Parana-de-outubro-foi-marcado-por-chuvas-decorrentes-de#:~:text=Outubro%20de%202022%20foi%20marcado,\(dias%2010%20e%2011\)](https://www.idrparana.pr.gov.br/Noticia/Boletim-agrometeorologico-do-IDR-Parana-de-outubro-foi-marcado-por-chuvas-decorrentes-de#:~:text=Outubro%20de%202022%20foi%20marcado,(dias%2010%20e%2011)). Acesso em: 25 jun. 2023.

ISO. **Aromatic natural raw materials – Vocabulary.** ISO 9235:1997. Genebra, 1997. 14p. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/16866.html> . Acesso em: 04 mai. 2023.

JUNIOR, J. E. P.; SANTOS, P. E. T. **Árvore do Conhecimento: Eucalipto - Óleos essenciais.** AGEITEC - Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/eucalipto/pre-producao/escolha-do-material-genetico/finalidade-da-producao/oleos-essenciais>. Acesso em: 10 fev. 2023.

LUCIA, A., et al. Larvicidal effect of eucalyptus grandis essential oil and turpentine and their major components on aedes aegypti larvae. **Journal of the American Mosquito Control Association**, Argentina, 2007. Disponível em: 10.2987/8756-971X(2007)23[299:LEOEGE]2.0.CO;2. Acesso em: 14 mai. 2023.

MAFFEIS, A. R., SILVEIRA, R. L. V. A., BRITO, J. O. **Macronutrients and boron deficiencies reflexes on plant growth, production and essential oil in Eucalyptus citriodora.** SCIENTIA FORESTALIS n. 57, p. 87-98, 2000. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr57/cap06.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2023.

MORAES, H. H. Q. **Otimização experimental da extração do óleo essencial de gengibre (Zingiber officinale).** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Pará – Belém, 2012. Disponível em: <https://ppgeq.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/Halene%20Helensieva%20Queiroz%20Moraes.pdf>. Acesso em 27 de jun. 2023.

MUNDO-CRIVELLI, S. R.; ZARAMELLO, L.; FERREIRA, T. C. **Comparação entre um método caseiro para extração de óleo essencial de alecrim e citronela e o método de hidrodestilação.** Revista Estácio Saúde, Vol. 3, nº 2, Santa Catarina, 2014. Disponível em: <http://revistaadmmade.estacio.br/index.php/saudesantacatarina/article/viewFile/1036/567>. Acesso em: 4 fev. 2023.

OGUNWANDE, I. A., et. al. Chemical Composition of the Essential Oils from the Leaves of Three Eucalyptus Species Growing In Nigeria. **Journal of Essential Oil Research**, Vol. 15, Nigéria, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10412905.2003.9698595>. Acesso em: 14 mai. 2023.

PARREIRAS, N. S. **Aromaterapia: mercado em ascensão no Brasil.** Revista Campo e Negócios, MG, 2023. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/aromaterapia-mercado-em-ascensao-no-brasil/#:~:text=Essas%20escolhas%20s%C3%A3o%20refletidas%20nos,acordo%20com%20o%20Comex%20Stat>. Acesso em: 26 jun. 2023.

PELIZARDO, M. P.; et. al. **Influência da secagem das folhas no rendimento do óleo essencial de *Corymbia citriodora*.** XXXVI Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados - UFAL. Alagoas, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Felizardo/publication/311546065_Influencia_da_secagem_das_folhas_no_rendimento_do_oleo_essencial_de_Corymbia_citriodora/links/584bf81d08aecb6bd8c2903a/Influencia-da-secagem-das-folhas-no-rendimento-do-oleo-essencial-de-Corymbia-citriodora.pdf. Acesso em 18 mar. 2023.

PEREIRA, J. L. **Composição Química dos Óleos Essenciais de Espécies de *Eucalyptus L' Herit (Myrtaceae)*.** Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, Minas Gerais, 2010. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2094/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em 14 mar. 2023.

PEREIRA, M. A. A.; GUERINI, C.; SHOLL, W. **Comparativo do rendimento da extração de óleo essencial obtido de folhas de *Eucalipus Grandis* destinada a produção de laminas de madeira com a espécie *Eucalipus Citriodora* destinados a produção de óleo essencial.** Especialização em óleos essenciais, PUCRS, Rio Grande do Sul, s.d. Disponível em: <https://www.oleoessencial.com.br/eucaliptoagronomica.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

RABEHARITSARA, A. T.; RABEARIMIHAJA, P. N. N., RANDRIANA, N. R. Determination of Water Rate in Gas Oil and Fuel Oil by Extraction with Betacarotenes Molecules Using a Heavy Oil Clevenger Extractor, Process Validation by SPC. **American Journal of Applied Chemistry**, Madagascar, 2016. Disponível em: <https://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=227&doi=10.11648/j.ajac.20160403.17>. Acesso em: 5 jan. 2023.

RICARDO, L. P.; ROSA, G. S. Análise da influência da velocidade e da temperatura do ar na secagem de folhas de eucalipto através da técnica de planejamento experimental. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, vol. 1, n. 1, 2014. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobec-ic/02-ft-055.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

SANTOS, A. D. **Extração do óleo essencial da espécie *Corymbia citriodora* e sua caracterização por cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massa**. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Paraíba, 2016. Disponível em: <http://dSPACE.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/11424/3/ALZENI%20%20c3%81MASIO%20SANTOS%20-%20TCC%20LICENCIATURA%20EM%20QU%20c3%8dMICA%20CES%20%202016.pdf>. Acesso em 15 mar. 2023.

SEWANU, S. O. **The chemical composition, antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils of *Tulbaghia violacea* Harv. and *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. University of Zululand, África, 2012. Disponível em: <https://uzspace.unizulu.ac.za/server/api/core/bitstreams/21e3d1ec-697d-4a43-ad67-cdfb2c2ba236/content>. Acesso em: 5 mar. 2023.

SHRINER, R. L. et al. **Identificação Sistemática dos Compostos Orgânicos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

SILVEIRA, J. C.; et. al. **Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15, 2012. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20exatas%20e%20da%20terra/levantamento%20e%20analise.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2023.

SIMIONI, F. J.; et. al. **Cadeia Produtiva de Energia de Biomassa Florestal: O caso da lenha de eucalipto no polo produtivo de Itapeva - SP. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 28, n. 1, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/JKYKqdCWwMd5qJnNNqxwfkC/?format=pdf&lang=pt>. Disponível em: 14 jan. 2023.**

SIMÕES, C. M. O.; et. al. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Editora Artmed, Porto Alegre, 2017. Disponível em: [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582713655/epubcfi/6/2\[%3Bvnd.vst.idref%3DCapa.xhtml\]!/4/2/4%4051:1](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582713655/epubcfi/6/2[%3Bvnd.vst.idref%3DCapa.xhtml]!/4/2/4%4051:1). Acesso em: 14 jan. 2023.

SIQUEIRA, G. **Espectrometria de massas: Princípios e aplicações**. LinkedIn, 2018. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/espectrometria-de-massas-princ%C3%ADpios-e-aplica%C3%A7%C3%B5es-gilson-siqueira/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 19 jun. 2023.

SU, Y., et al. **Antifungal Activities and Chemical Compositions of Essential Oils from Leaves of Four Eucalypts**. Taiwan J For Sci, China, 2006. Disponível em:

<http://ntur.lib.ntu.edu.tw/bitstream/246246/177340/1/57.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2023.

SUBKI, S. Y. M.; et. al. Characterisation of leaf essential oils of three *Cinnamomum* species from Malaysia by gas chromatography and multivariate data analysis. **Pharmacognosy Journal**, Malaysia, 2013. Disponível em: 10.1016/j.phcgj.2012.12.004. Acesso em: 20 fev. 2023.

TOLOZA, A.C; LUCIA, A.; ZERBA, E.; MASUH, H.; PICOLLO, M.I. Interspecific hybridization of Eucalyptus as a potential tool to improve the bioactivity of essential oils against permethrin-resistant head lice from Argentina. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 7341-7347, 2008. Disponível em: 10.1016/j.biortech.2007.12.067. Acesso em: 10 mar. 2023.

TRANCOSO; M. D. et al. **Óleos essenciais: extração, importância e aplicações no cotidiano**. 53º Congresso Brasileiro de Química, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/praxis/article/view/609/560>. Acesso em: 10 jan. 2023.

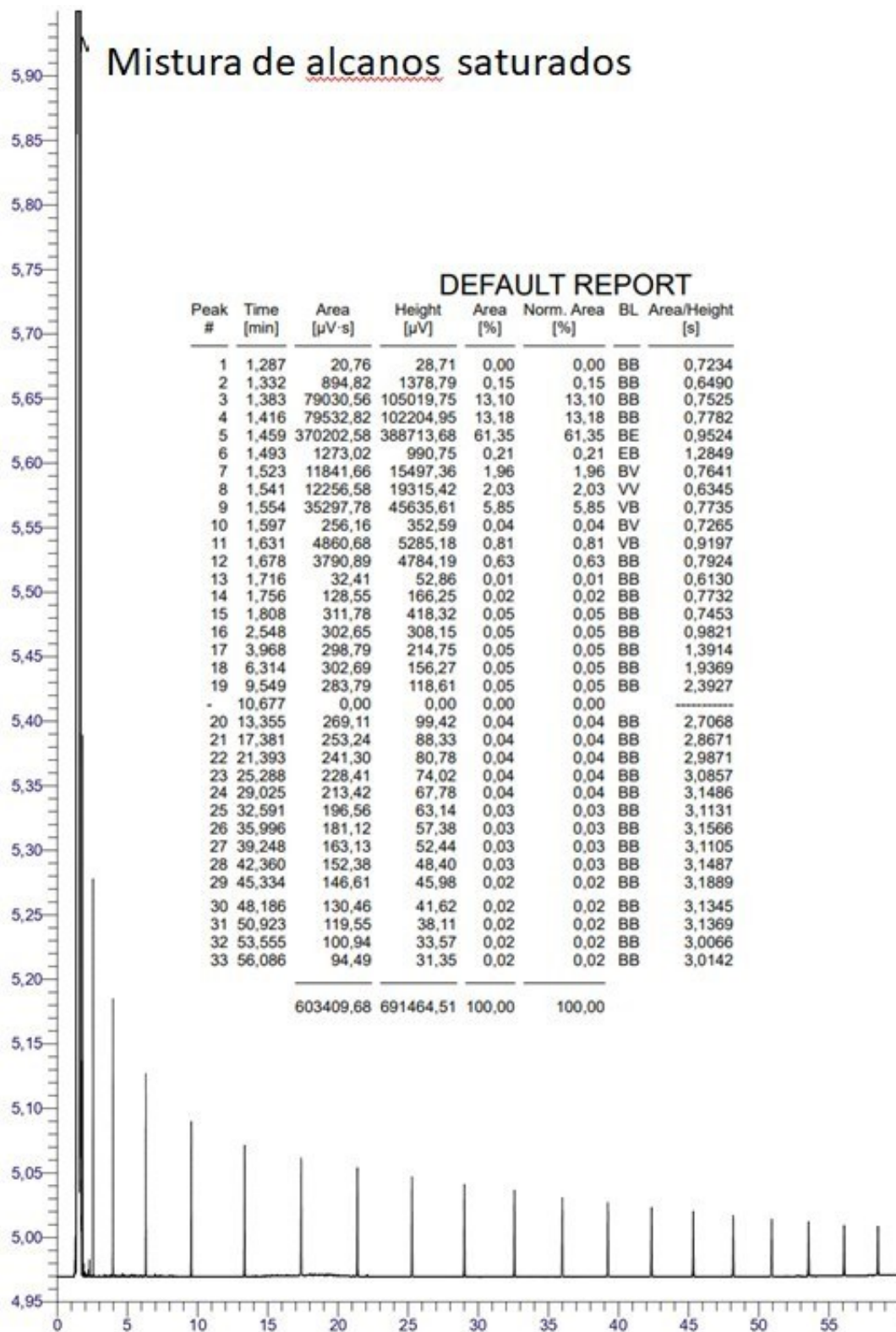
VIEGAS, M. C.; BASSOLI, D. G. Utilização do índice de retenção linear para caracterização de compostos voláteis em café solúvel utilizando GC-MS e coluna HP-Innowax. **Revista Química Nova**, vol. 30, n. 8, 2031-2034, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/6cRCxBrFZZZ9z4yscDPSHRm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 jun. 2023.

VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. **Óleo Essencial de Eucalipto**. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Documentos Florestais, nº 17, São Paulo, 2003. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/acervohistoricoexterno/DocumentosFlorestaisNumero17.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

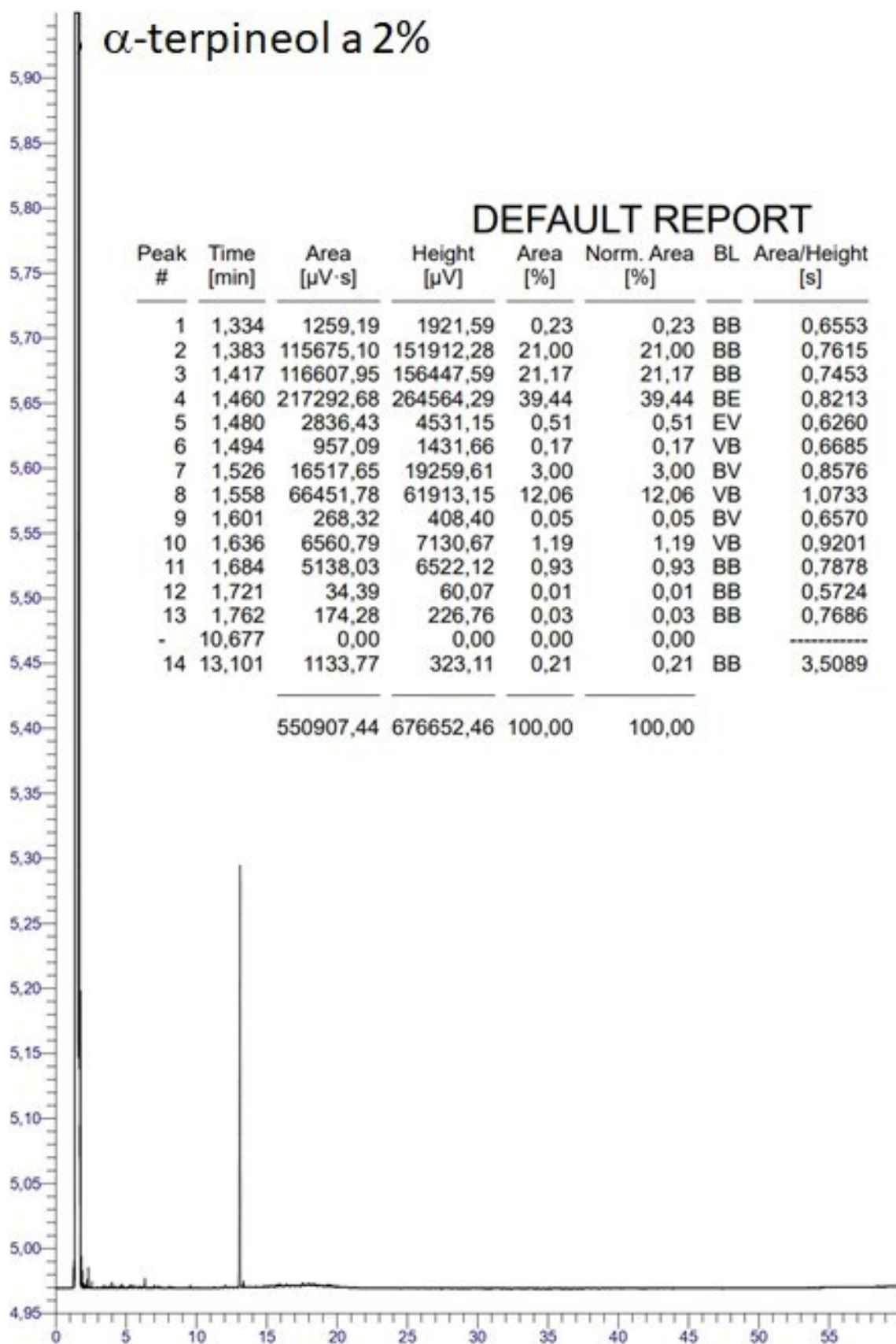
WREGUE, M. S., et al. **Zoneamento agroclimático do eucalipto para a região da Bacia do Paraná 3 em escala semi-detalhada**. 4º Encontro Brasileiro de Silvicultura, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1092381/1/2018AACM.WregueEBSZoneamento.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

APÊNDICE A

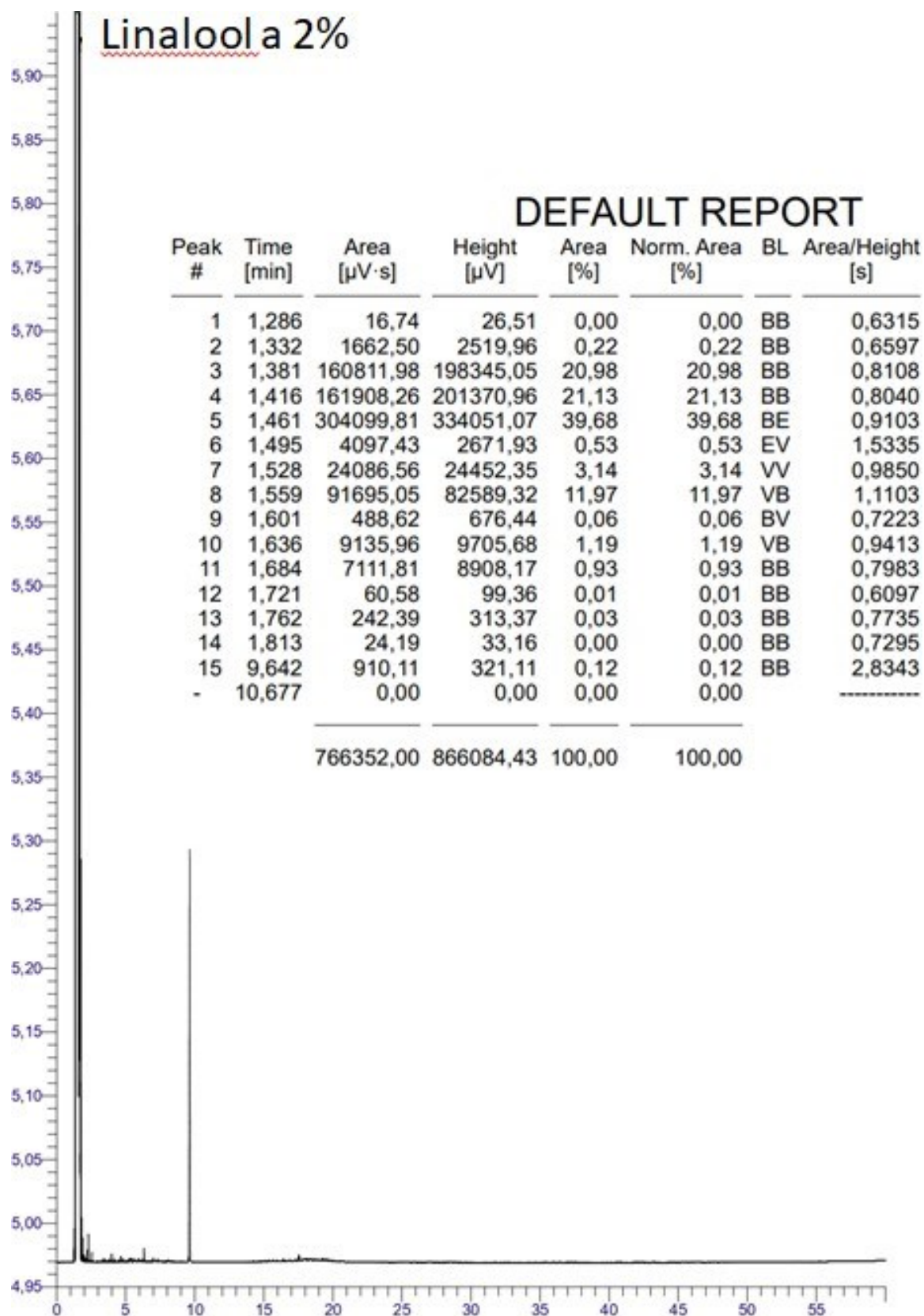
Apêndice A. 1 - Cromatograma e relatório GC/FID mistura de alcanos saturados



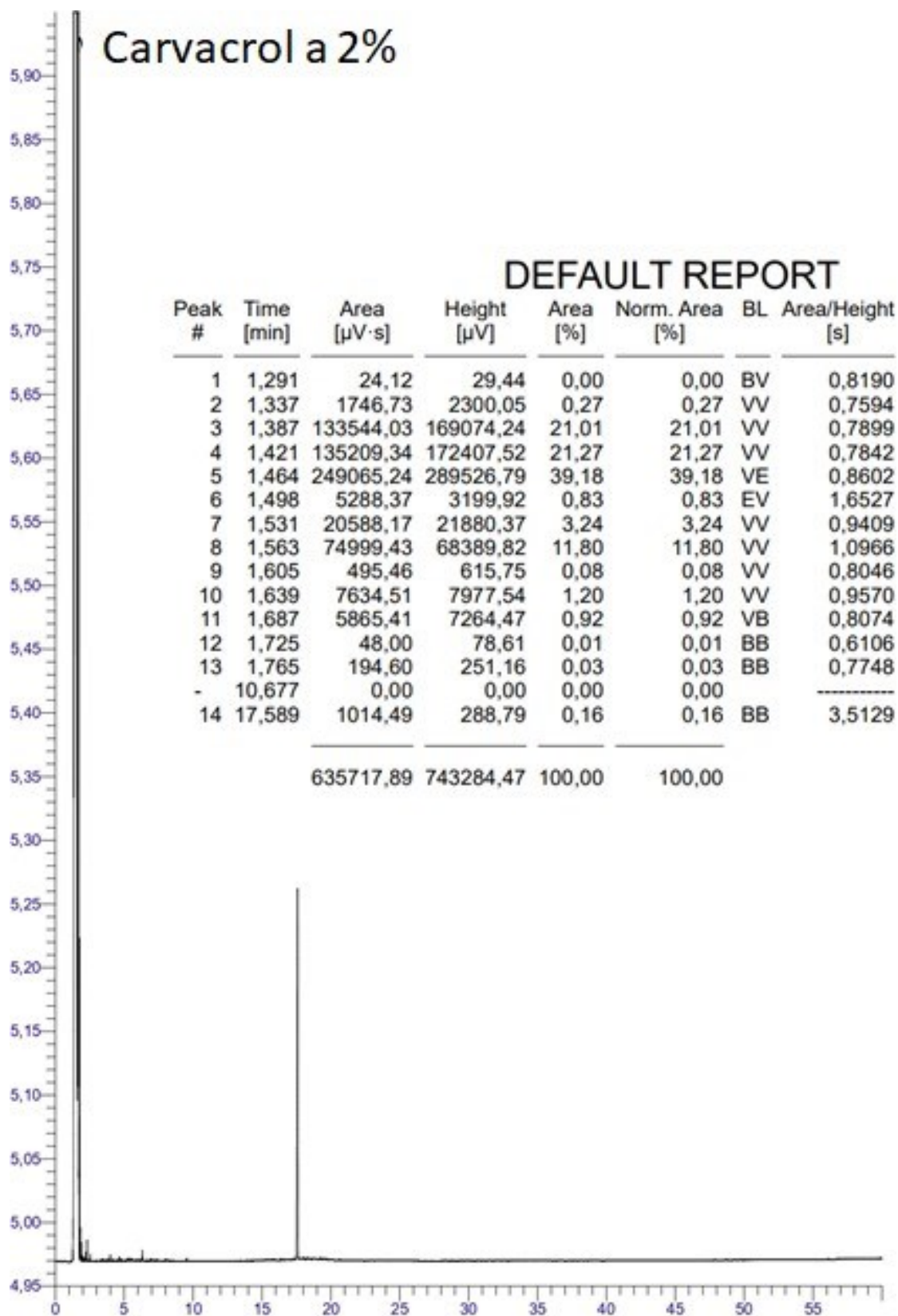
Apêndice A. 2 - Cromatograma e relatório GC/FID α -terpineol a 2%

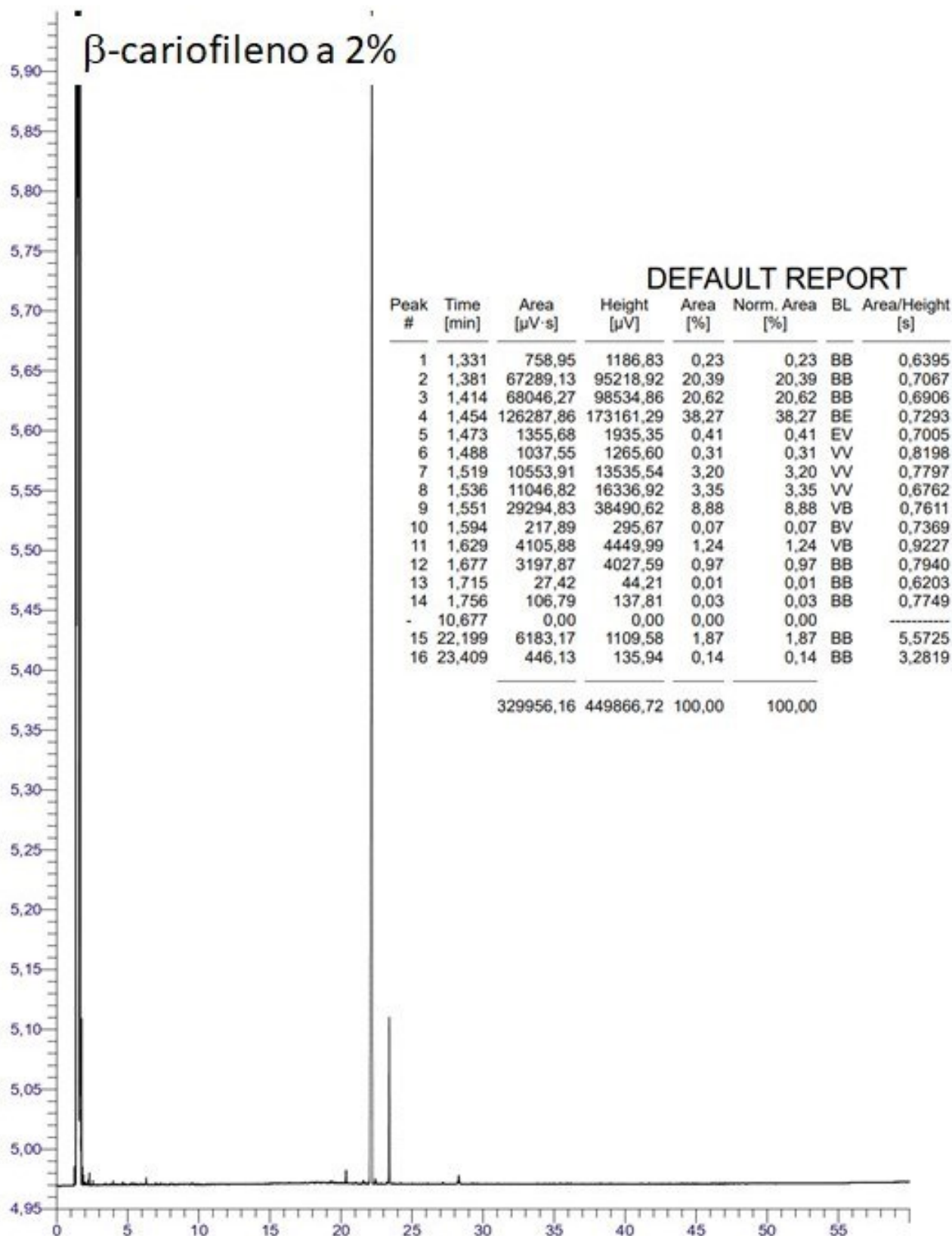


Apêndice A. 3 - Cromatograma e relatório GC/FID linalool a 2%



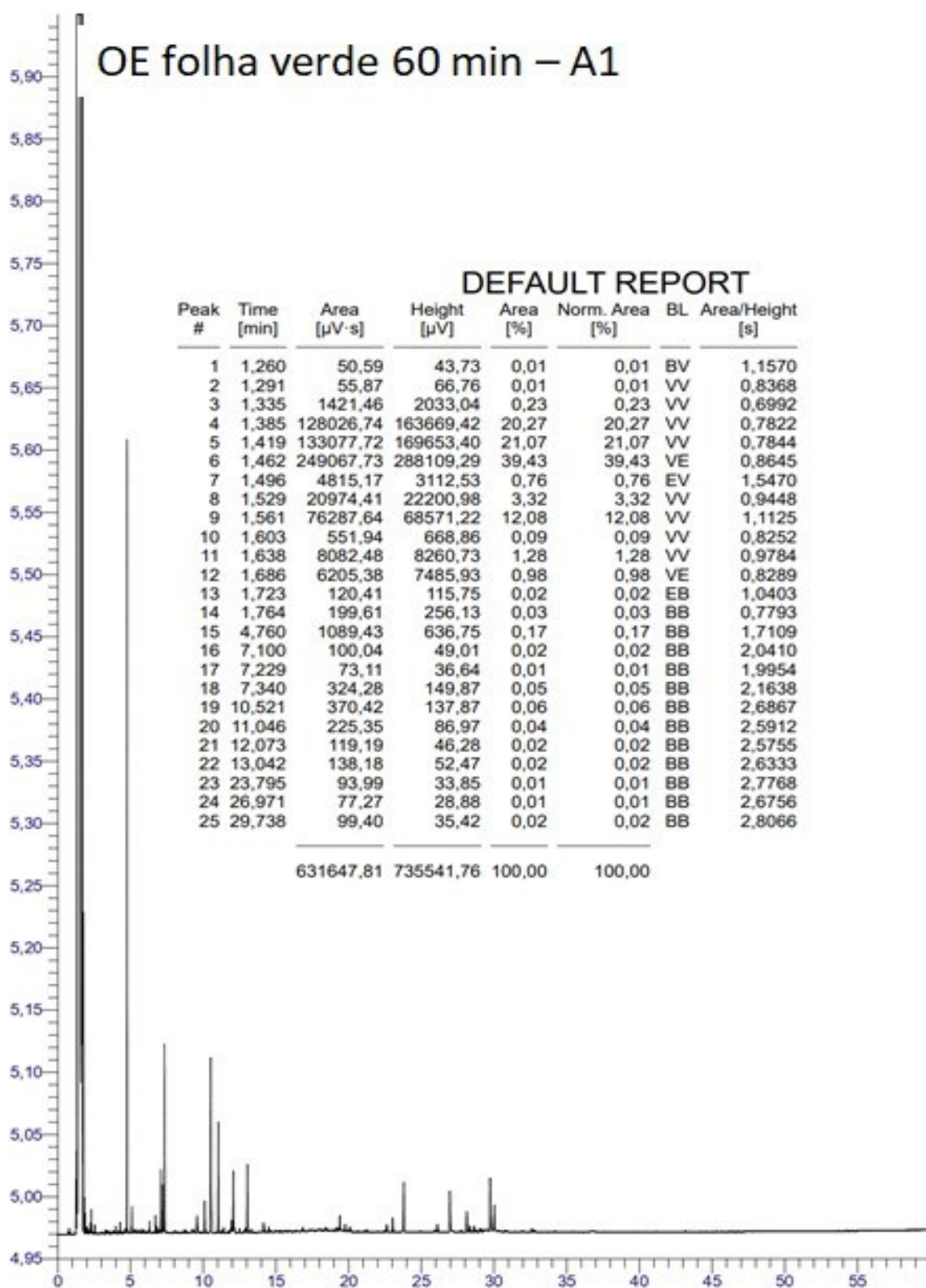
Apêndice A. 4 - Cromatograma e relatório GC/FID carvacrol a 2%



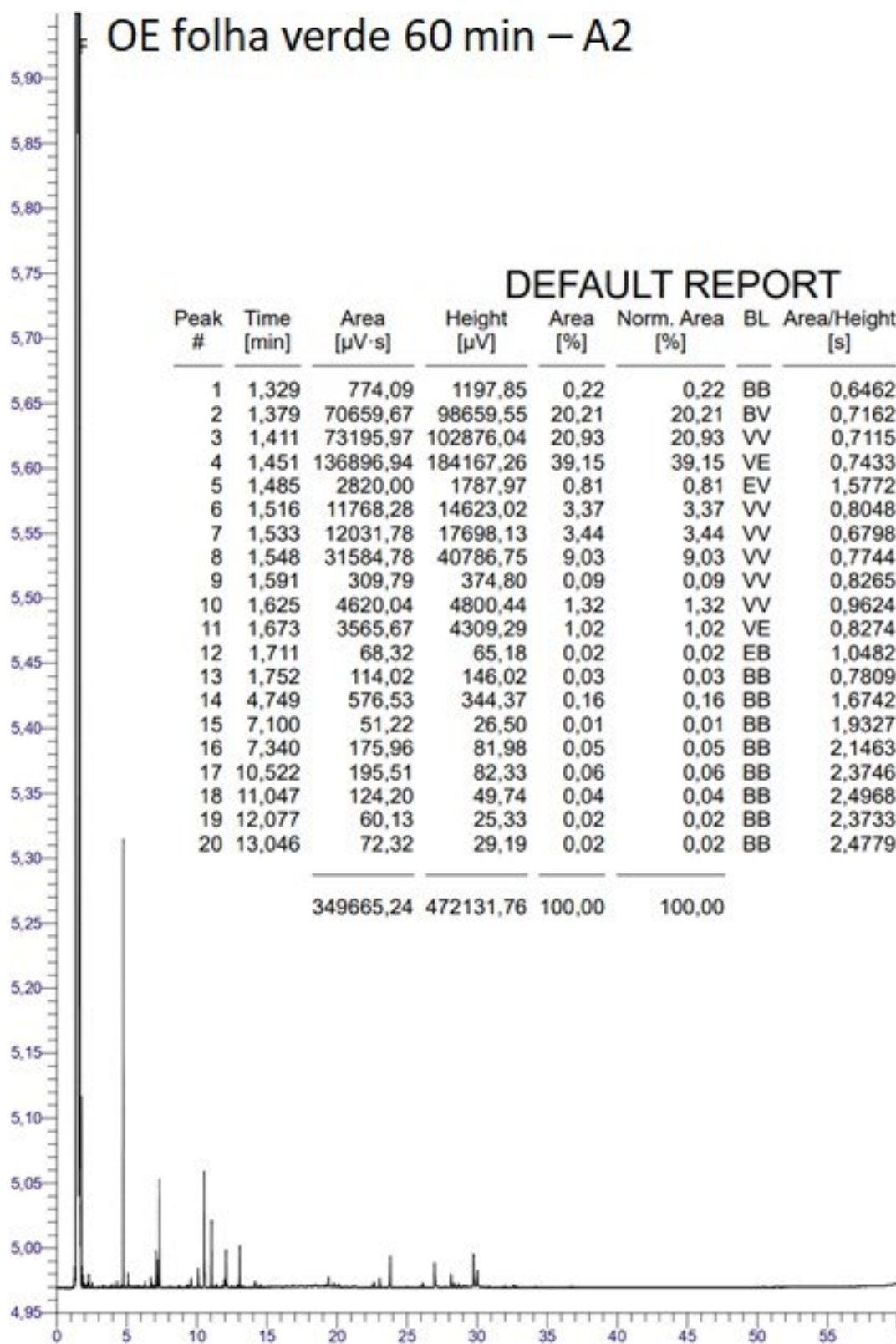
Apêndice A. 5 - Cromatograma e relatório GC/FID β -cariofileno a 2%

APÊNDICE B

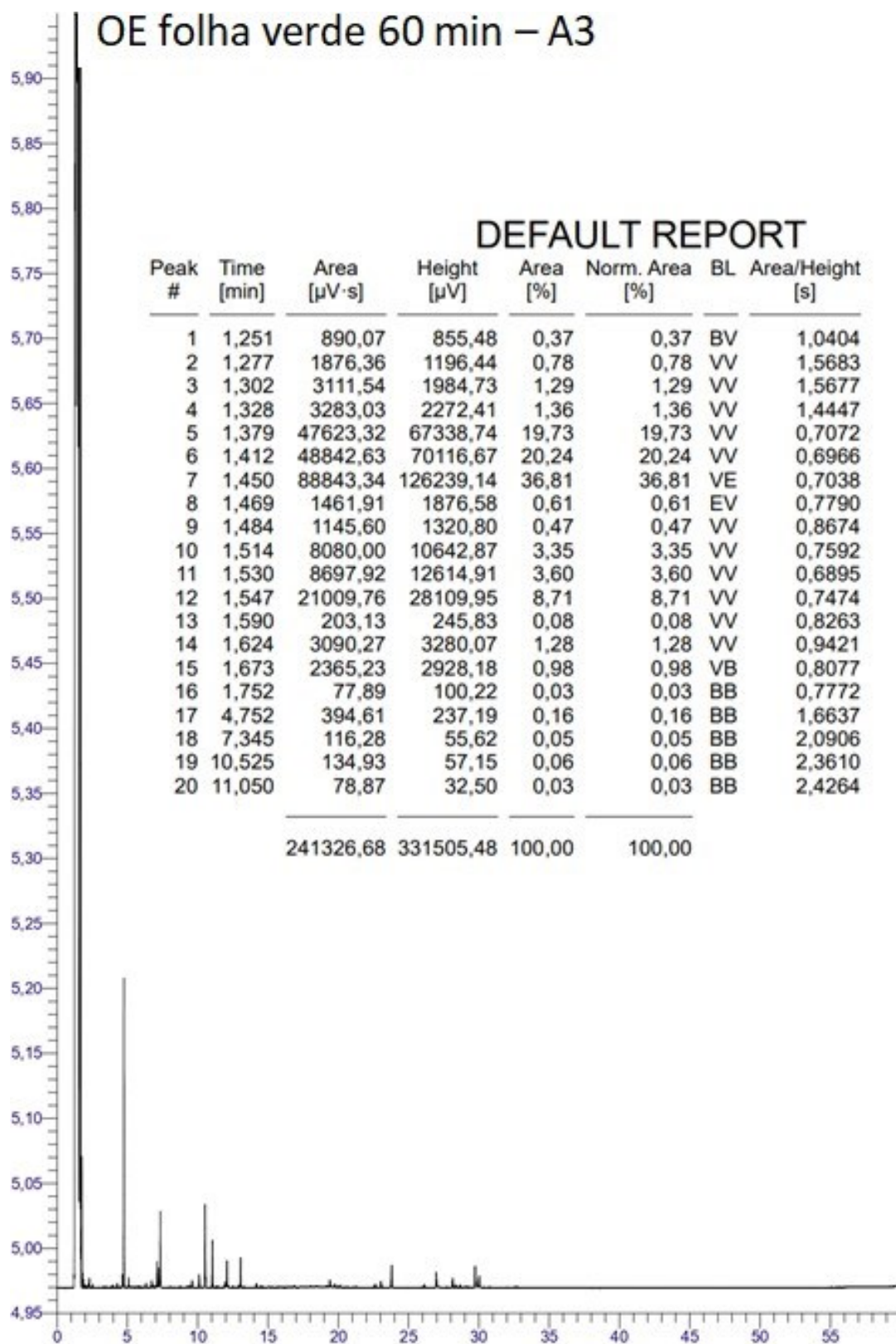
Apêndice B. 1 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 60 min de extração – A1



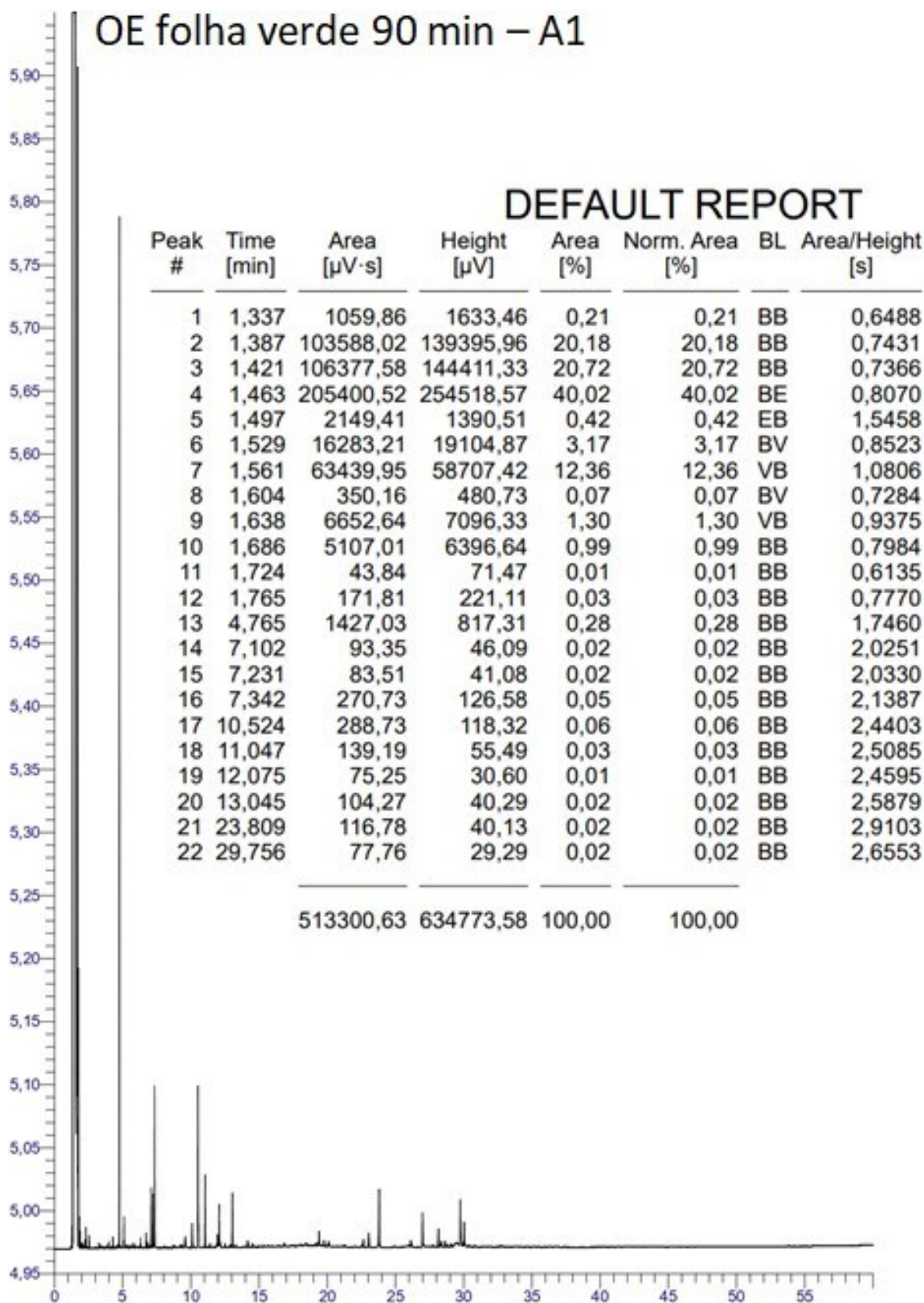
Apêndice B. 2 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 60 min de extração – A2



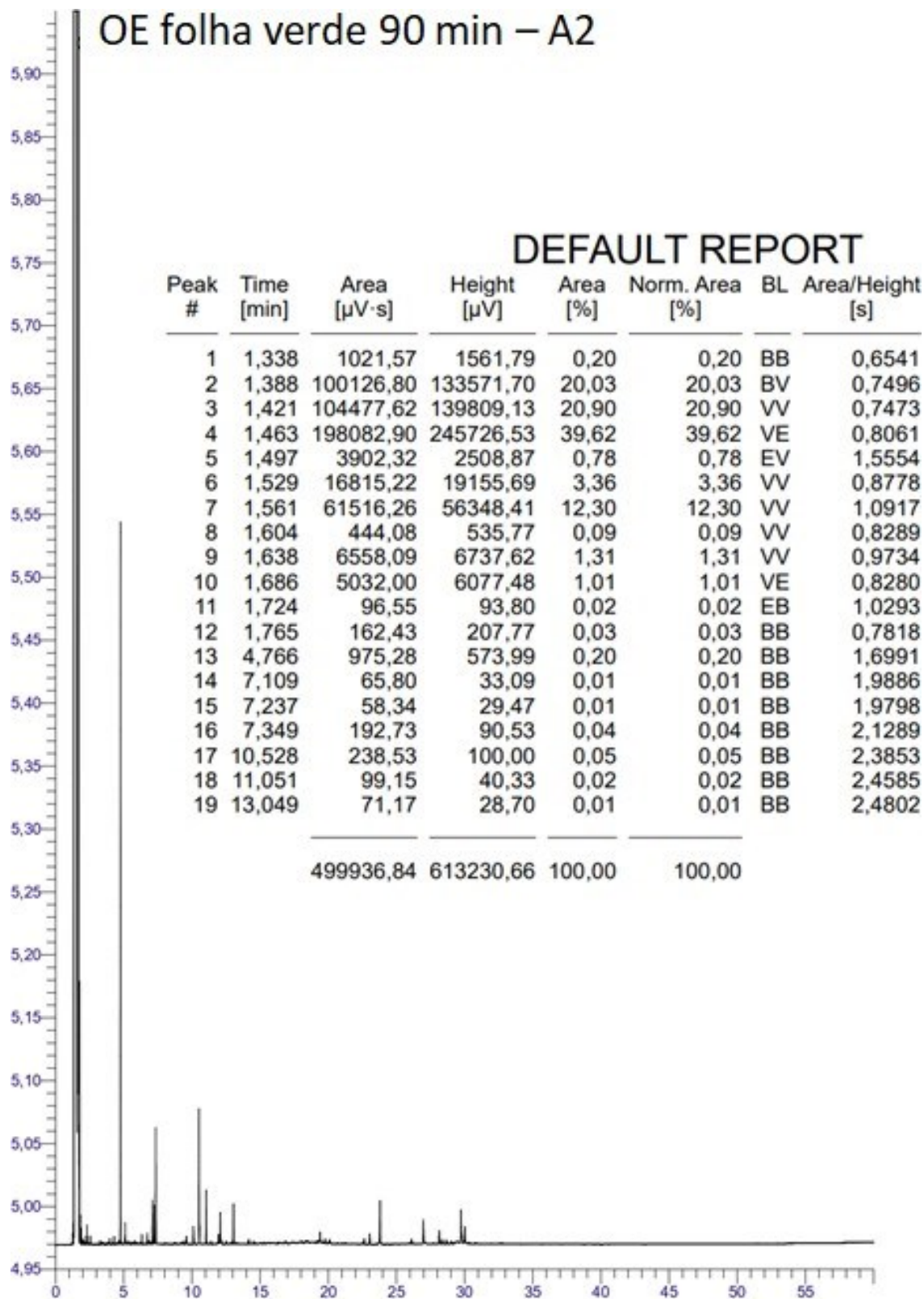
Apêndice B. 3 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 60 min de extração – A3



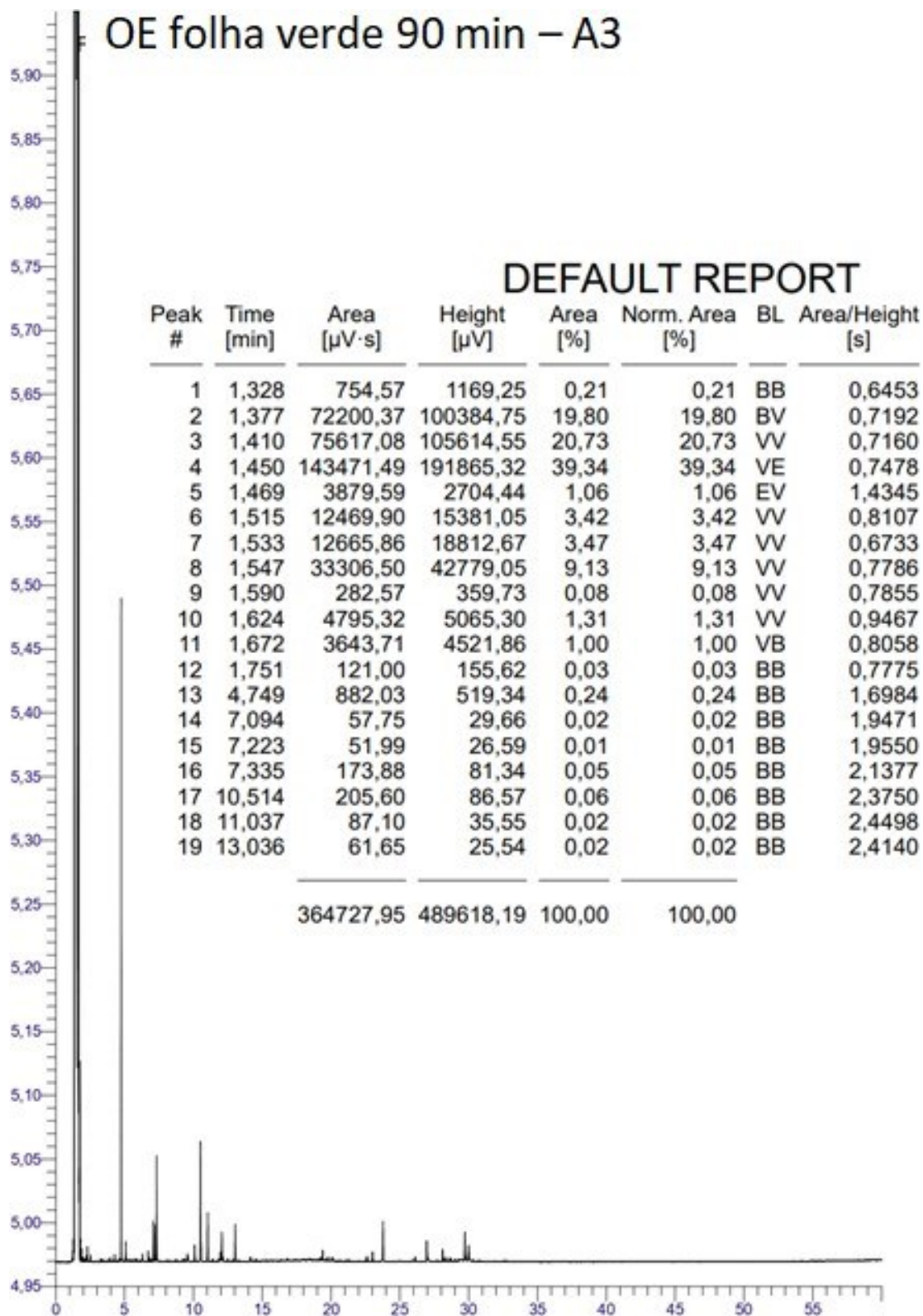
Apêndice B. 4 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 90 min de extração – A1



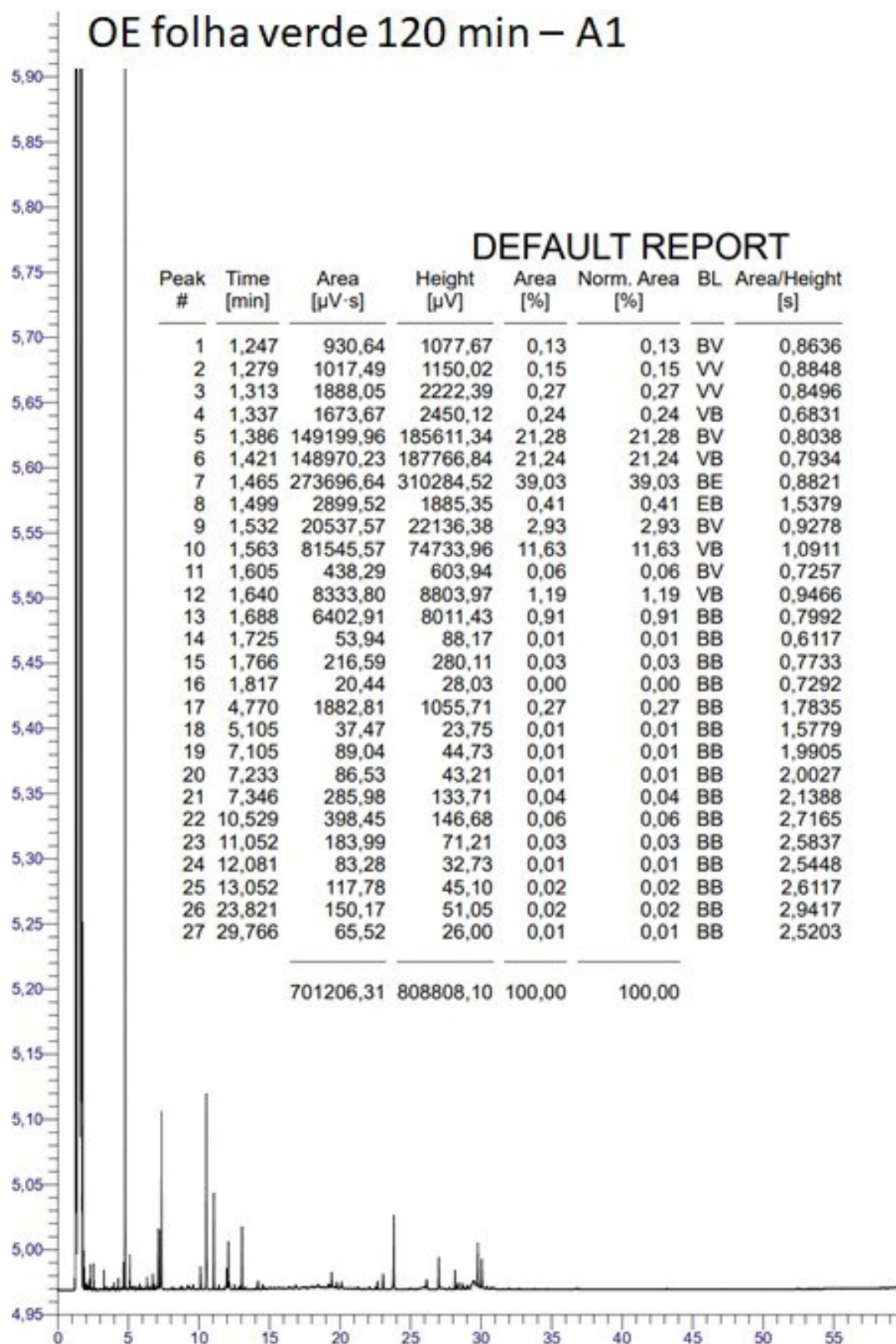
Apêndice B. 5 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 90 min de extração – A2



Apêndice B. 6 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 90 min de extração – A3

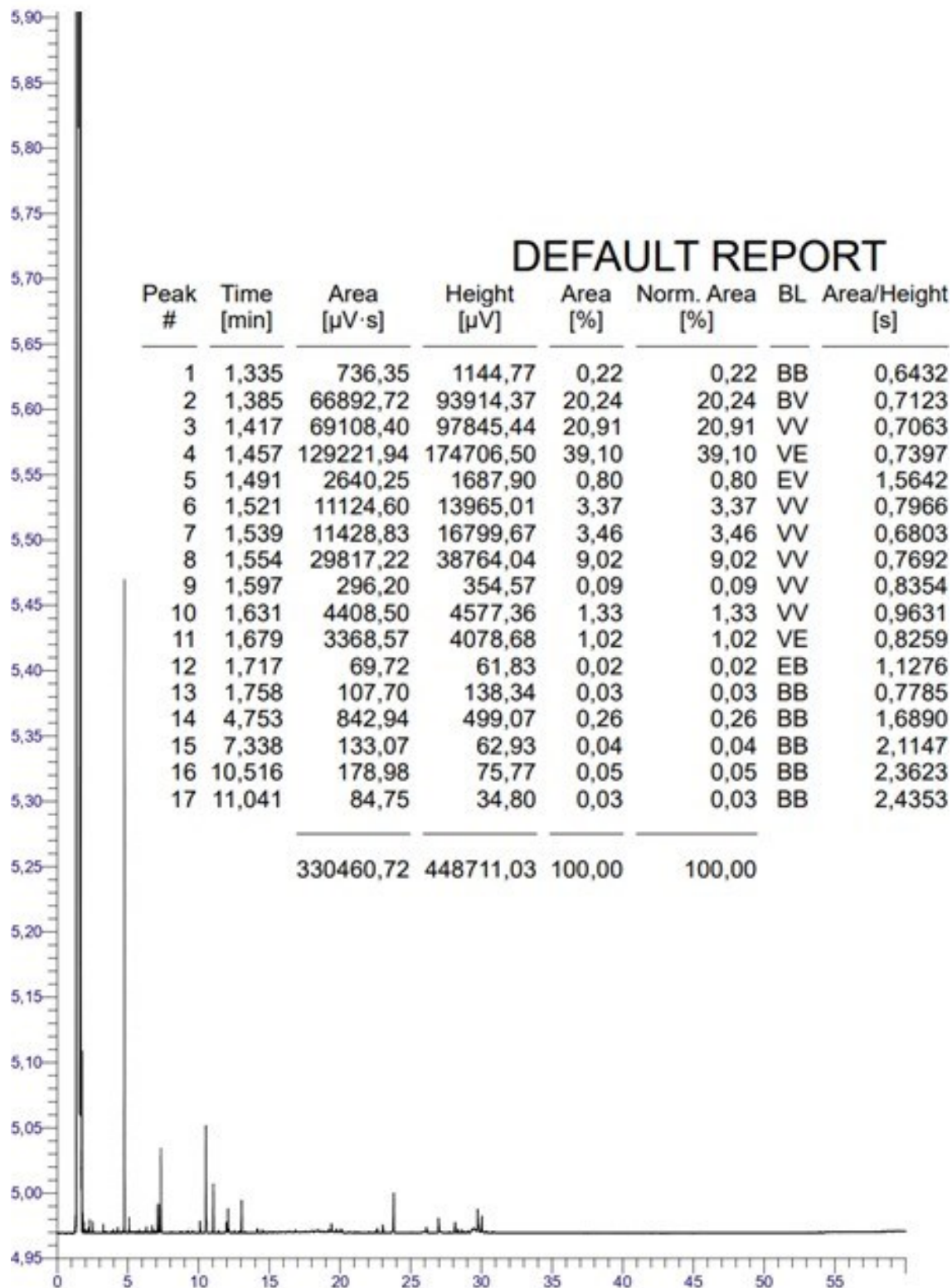


Apêndice B. 7 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 120 min de extração – A1



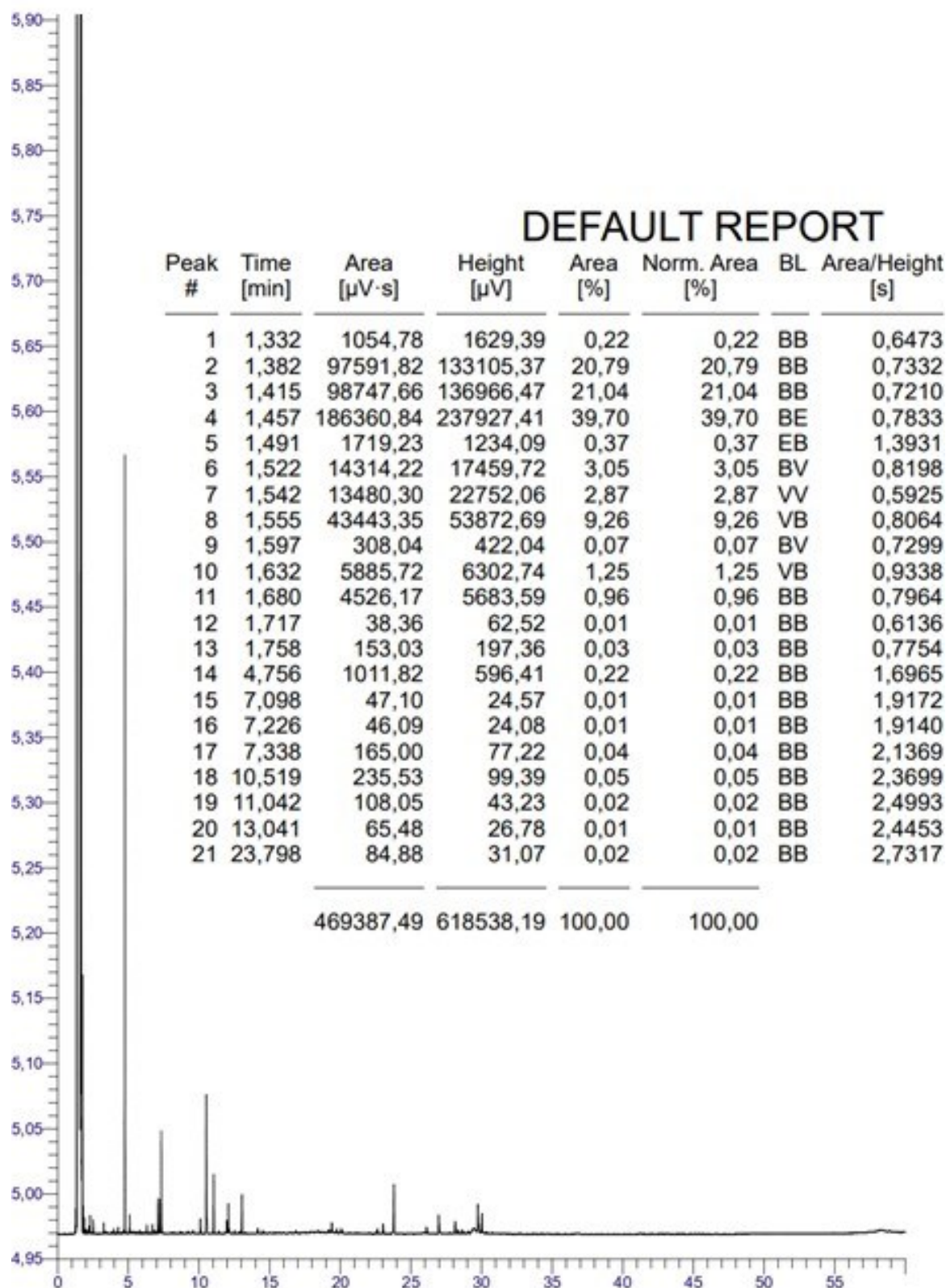
Apêndice B. 8 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 120 min de extração – A2

OE folha verde 120 min – A2

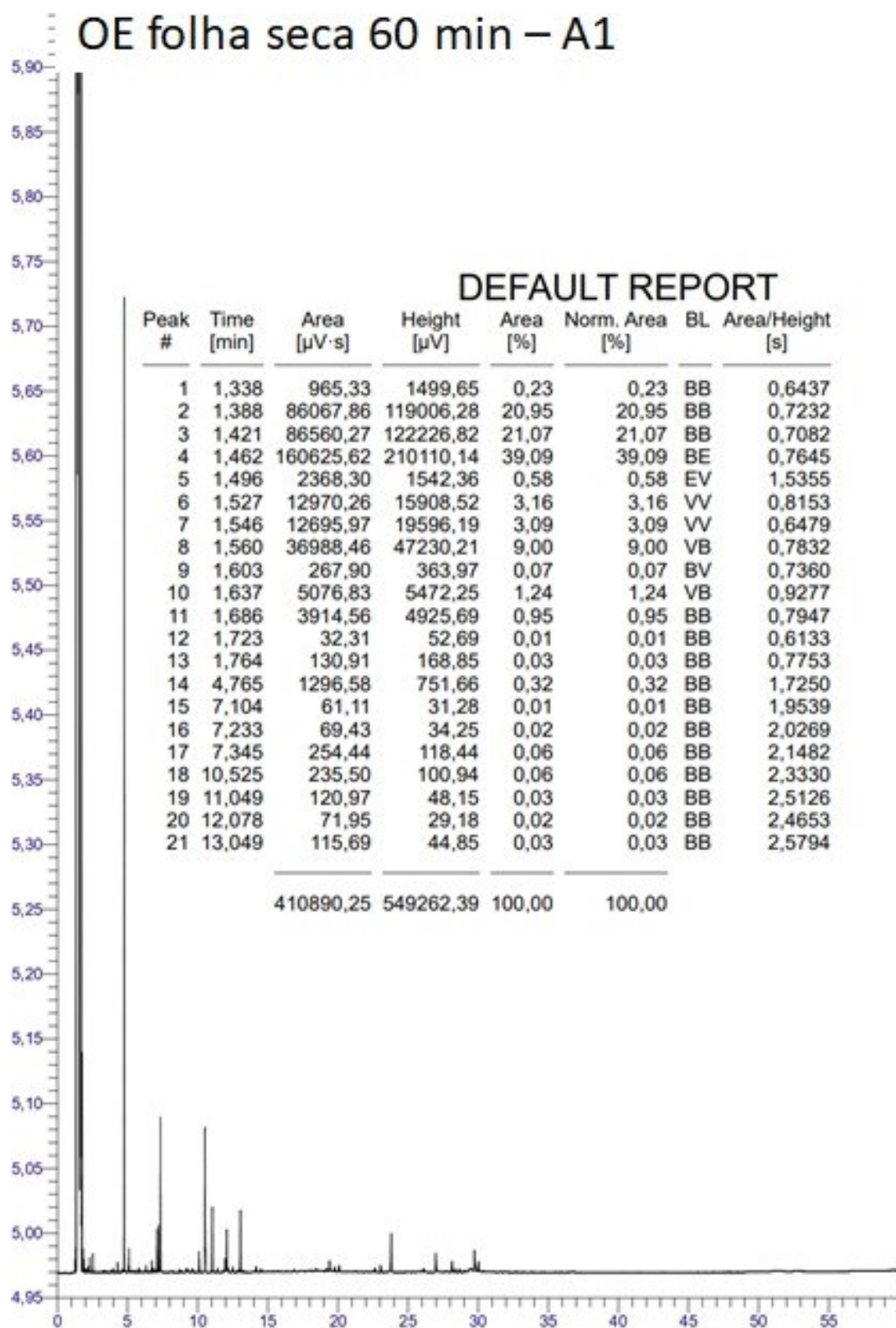


Apêndice B. 9 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas frescas com 120 min de extração – A3

OE folha verde 120 min – A3

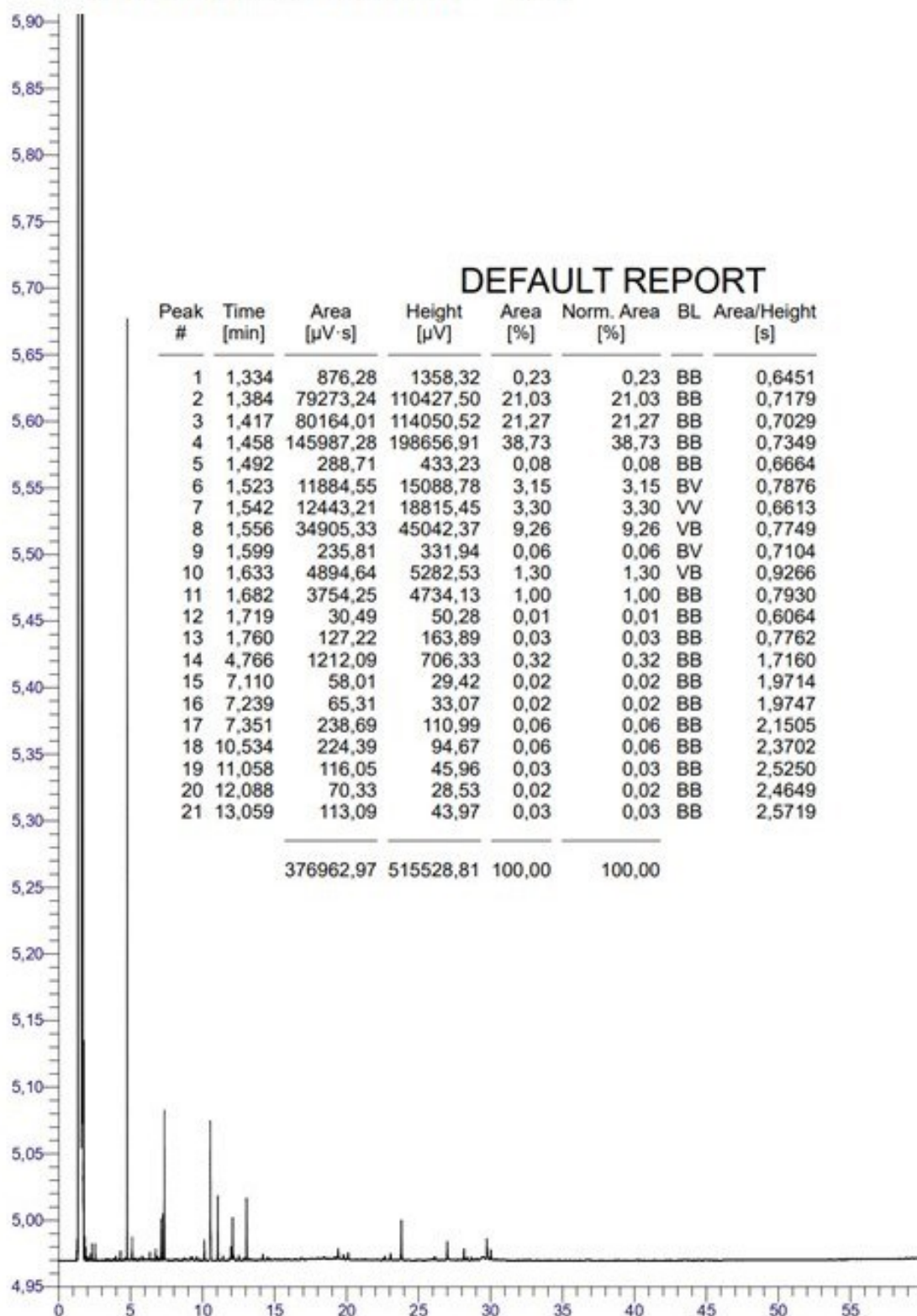


Apêndice B. 10 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 60 min de extração – A1



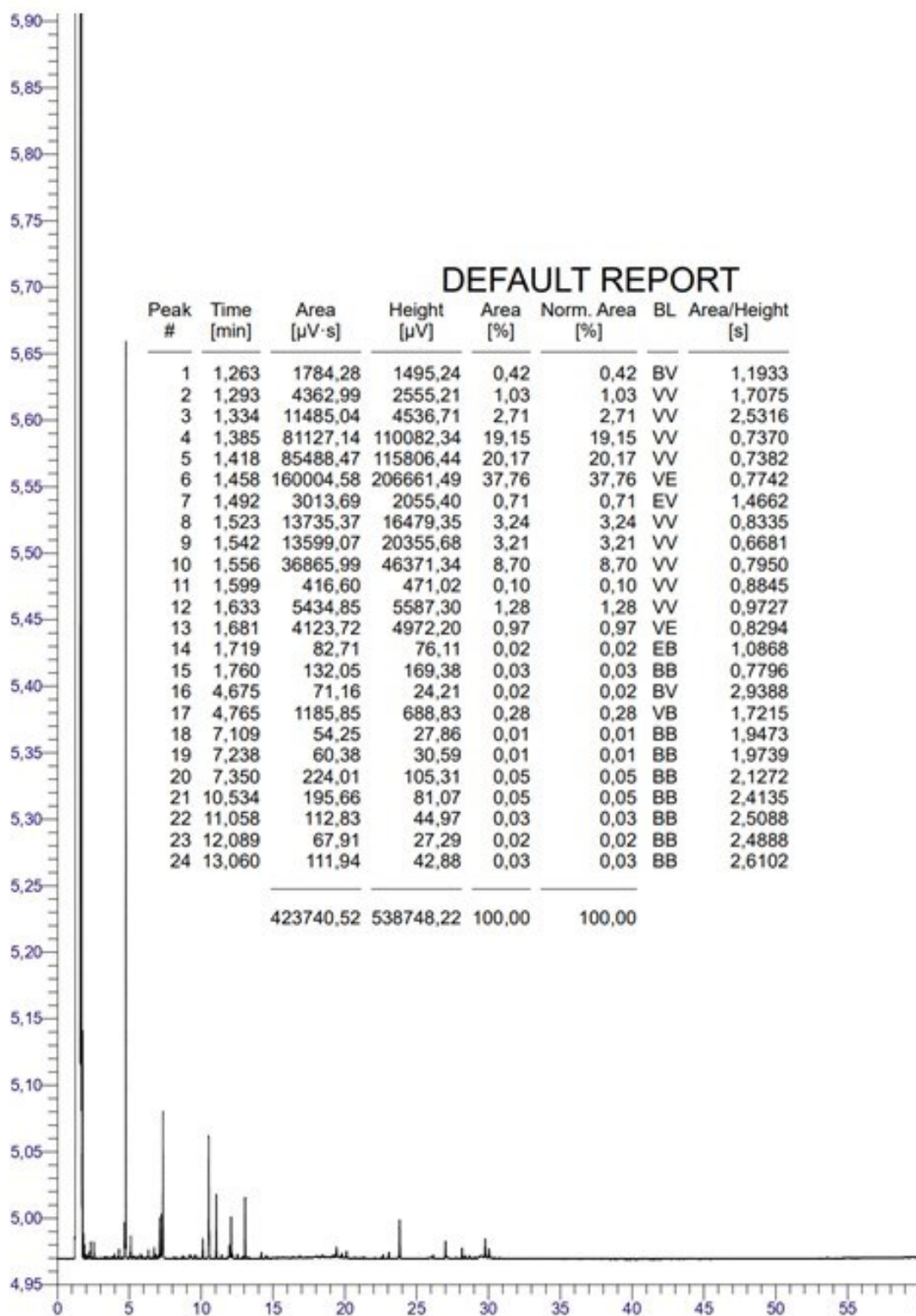
Apêndice B. 11 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 60 min de extração – A2

OE folha seca 60 min – A2



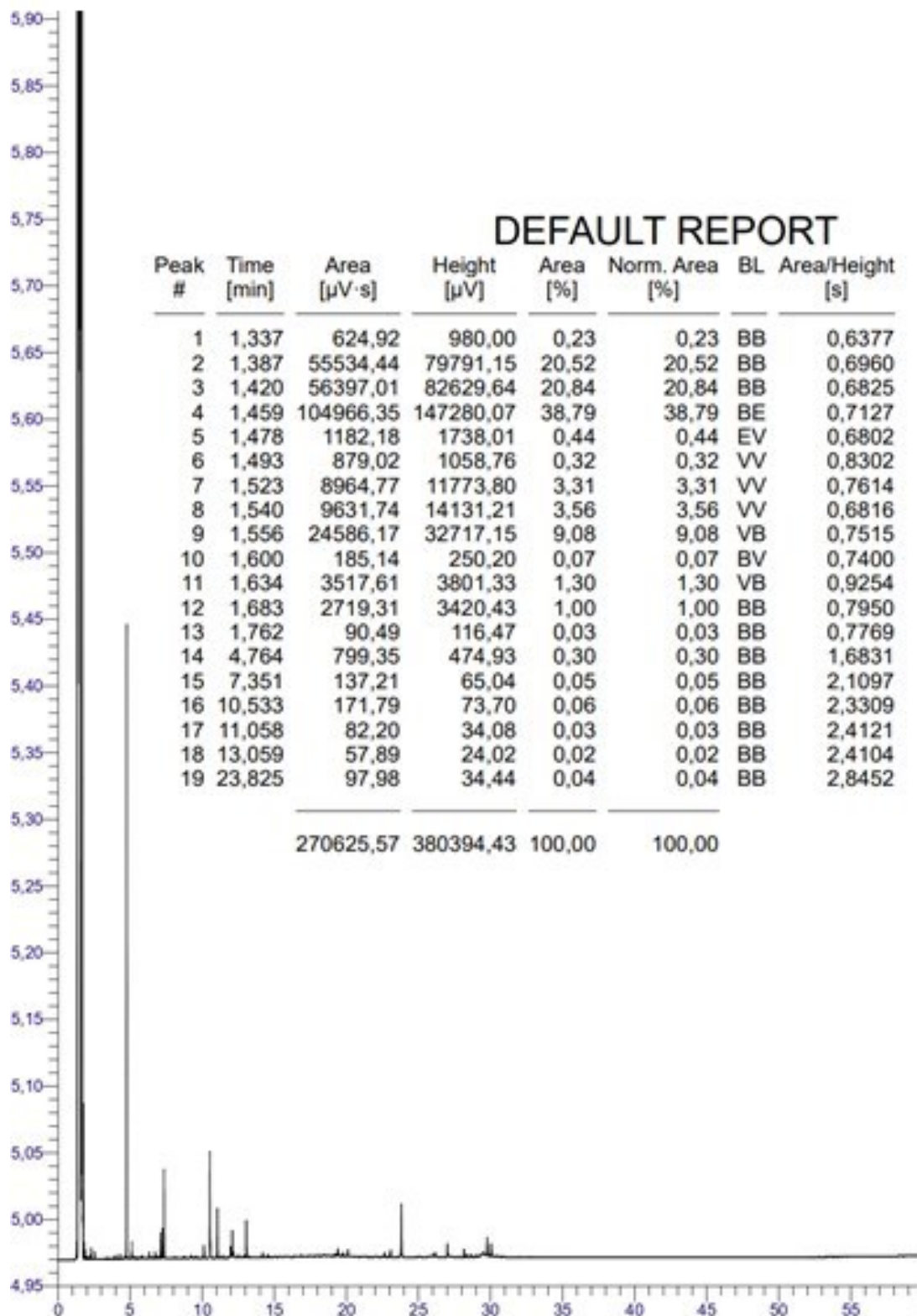
Apêndice B. 12 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 60 min de extração – A3

OE folha seca 60 min – A3



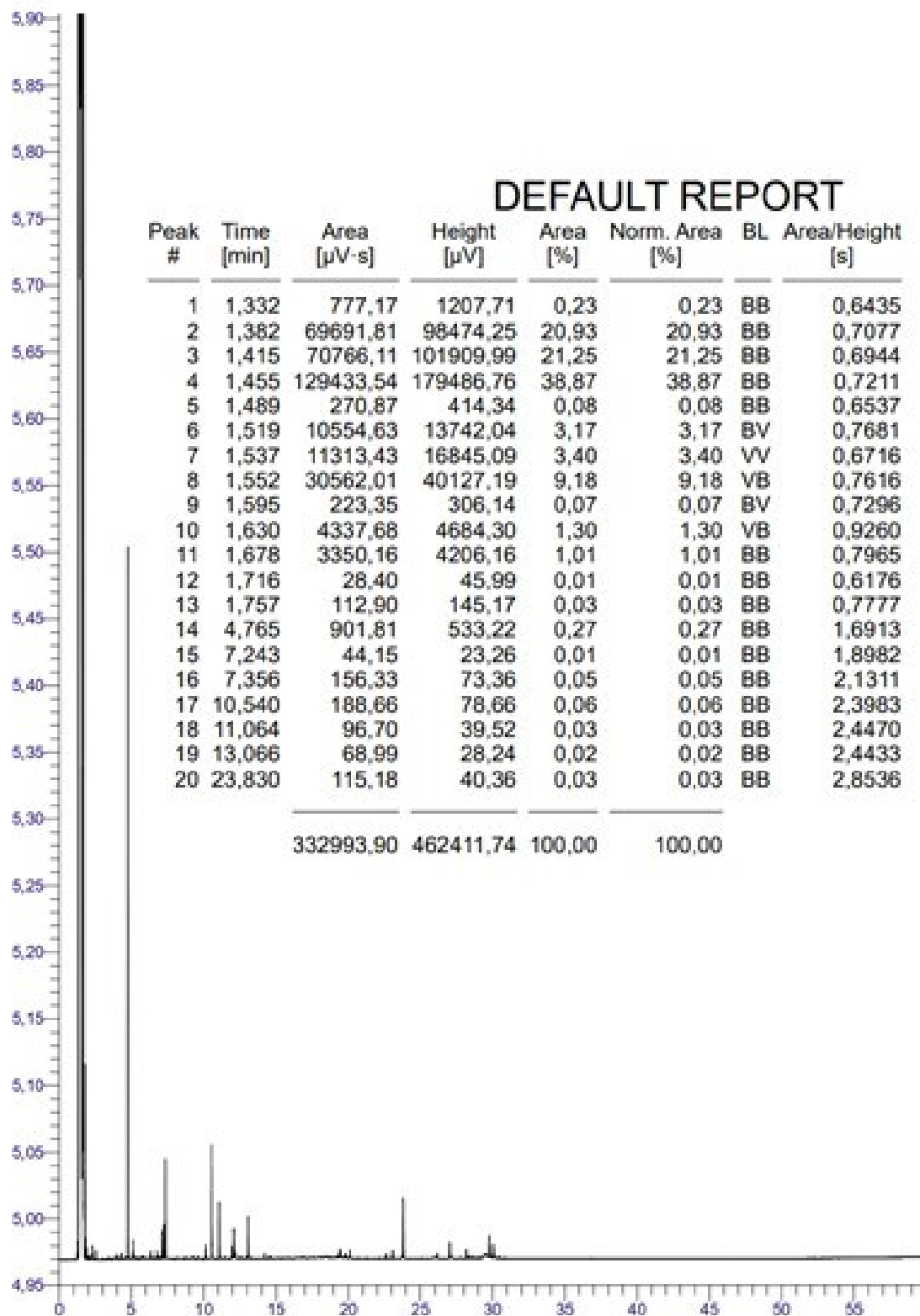
Apêndice B. 13 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 90 min de extração – A1

OE folha seca 90 min – A1



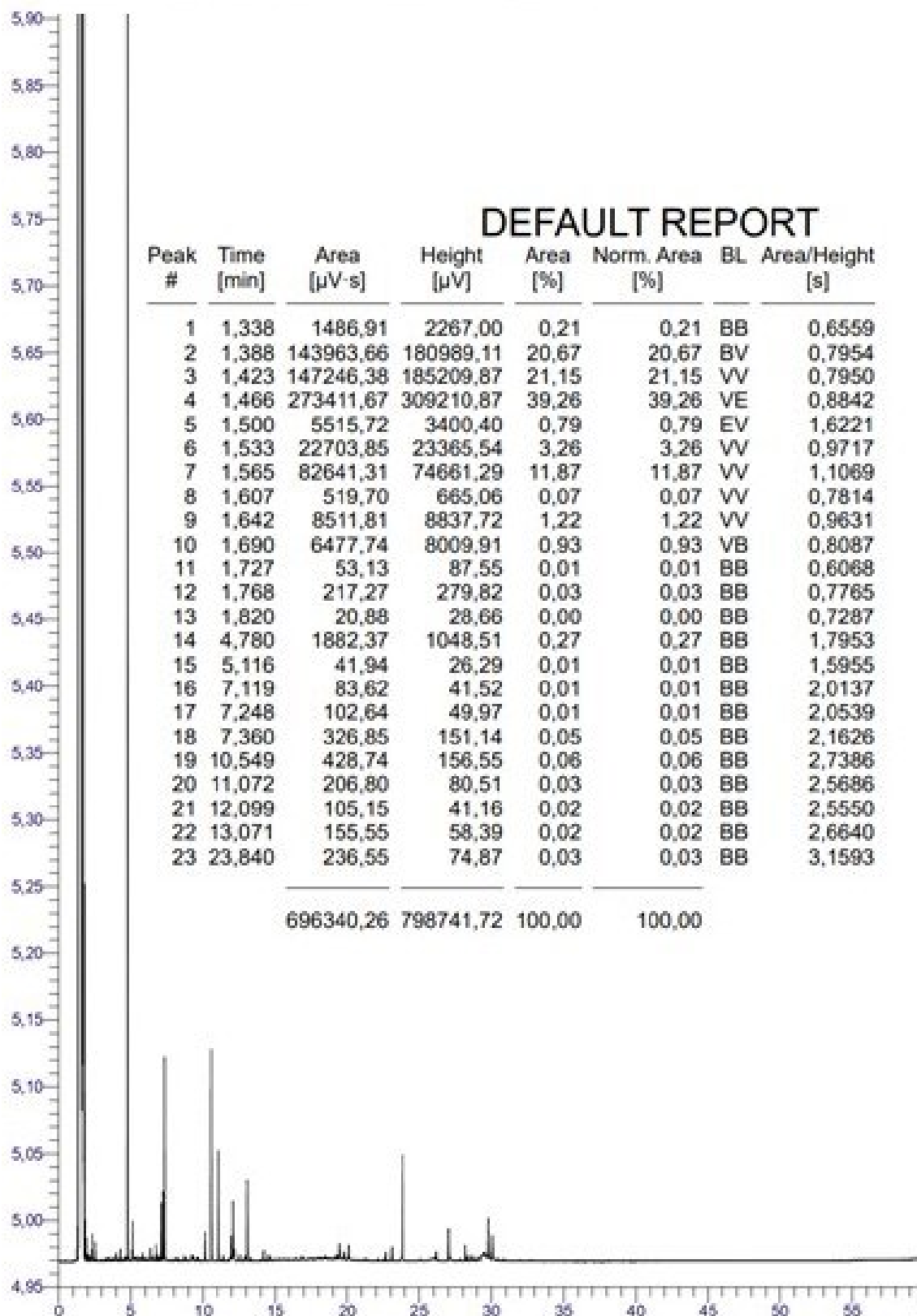
Apêndice B. 14 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 90 min de extração – A2

OE folha seca 90 min – A2



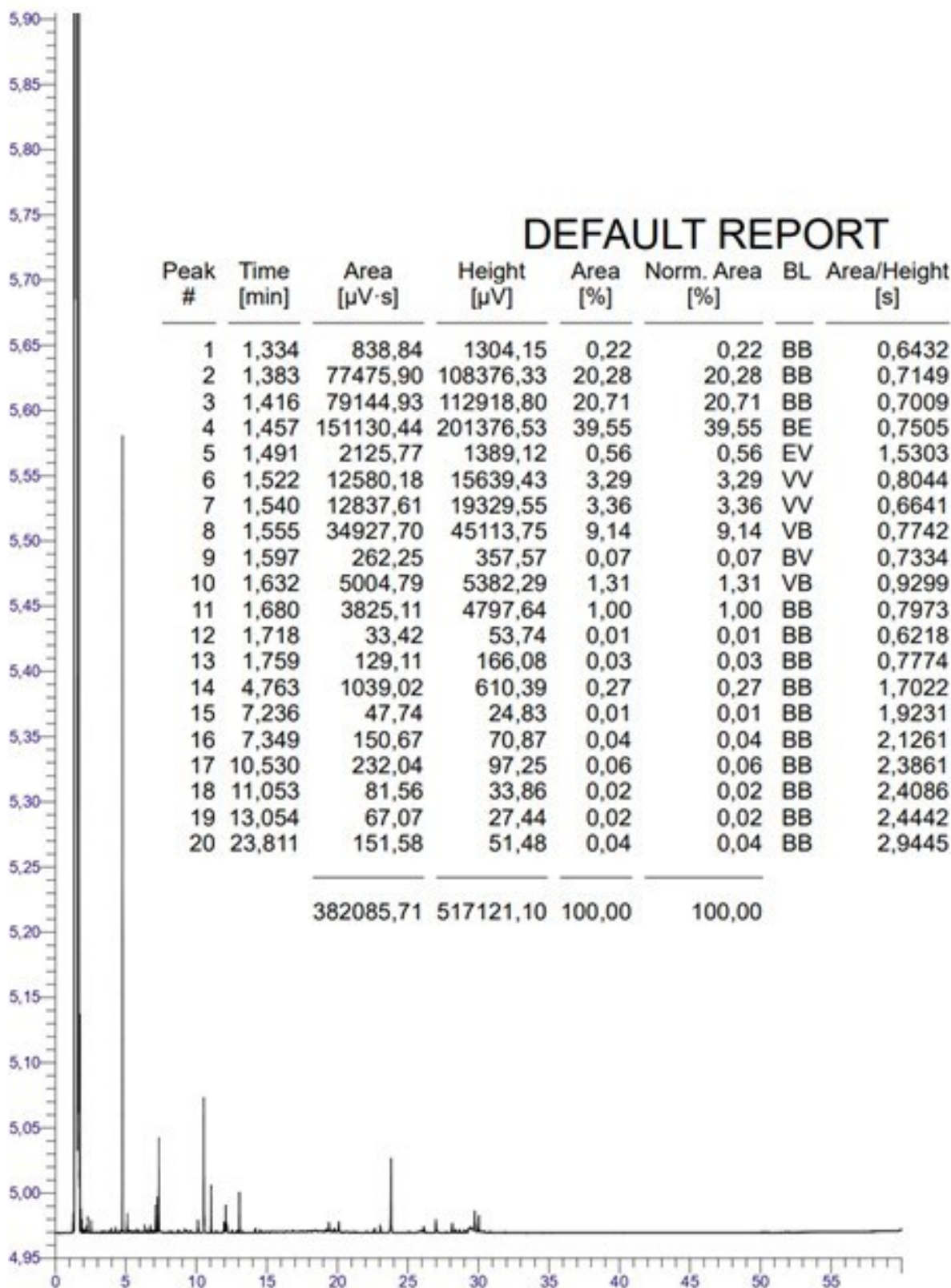
Apêndice B. 15 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 90 min de extração – A3

OE folha seca 90 min – A3



Apêndice B. 16 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 120 min de extração – A2

OE folha seca 120 min – A2



Apêndice B. 17 - Cromatograma e relatório GC/FID amostra de OE extraído de folhas secas com 120 min de extração – A3

OE folha seca 120 min – A3

