

Manejo de biomassa e compostos majoritários de óleos essenciais de espécies do Bioma Pampa

Treatment of biomass and majority compounds of the essential oils of Pampa Biome species

<https://doi.org/10.32712/2446-4775.2021.1065>

Elguy, Lucas Guilherme Perez¹; Trevisan, Adriana Carla Dias^{1*}; Coelho, Marina Pereira²; Oliveira, Yeferson Ely Cavalheiro de¹; Madureira, Luiz Augusto dos Santos².

¹Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Unidade Santana do Livramento. Ecos do Pampa. Rua Rivadávia Corrêa, 825, Centro, CEP 97573-553, Sant'Ana do Livramento, RS, Brasil.

²Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Departamento de Química (CFM), Campus Universitário Trindade, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

*Correspondência: adriana-trevisan@uergs.edu.br.

Resumo

O Pampa é o único bioma totalmente gaúcho e apresenta grande biodiversidade. Os produtos naturais, especialmente de óleos essenciais provenientes de espécies nativas, podem ser um vetor de inovação em territórios pressionados pelo agronegócio. Assim, este trabalho teve o objetivo de estimular a conservação da biodiversidade do Pampa por meio do uso sustentável de espécies nativas. Avaliou-se técnicas de manejo da biomassa e prospecção química dos óleos essenciais extraídos de três espécies: *Baccharis crispa*, *Eugenia uniflora*, e *Aloysia gratissima*. A biomassa foi coletada e processada e os óleos essenciais extraídos via destilação por arraste a vapor relacionando-se o tipo de beneficiamento e rendimento. Nas três espécies predominaram monoterpenos entre os compostos majoritários. Foram quinze constituintes majoritários com 57,8% de monoterpenos em *E. uniflora*, dez com 72,6% para *A. gratissima* e oito com 88,7% para *B. crispa*. A estruturação de métodos de manejo de populações naturais bem como de plantios comerciais poderá auxiliar na valorização de espécies nativas dominantes e indesejadas no Pampa. Nesse sentido, emerge a oportunidade de utilização dessas espécies na promoção de sistemas produtivos inovadores via arranjos ecoprodutivos locais sustentados, e da pesquisa agroecológica para o desenvolvimento de produtos, com formação de capital humano e criação de mercados.

Palavras-chave: Sociobiodiversidade. Inovação. Conservação do Pampa. Arranjos Ecoprodutivos Locais.

Abstract

The Pampa is the only Brazilian biome found solely in Rio Grande do Sul state. The production of natural products, especially essential oils from native species, can stimulate innovation in territories that are pressured by agribusiness. The objective of this study is to support the conservation of biodiversity in the

Pampa by promoting the sustainable use of native species. This study approaches a technical evaluation of treating the biomass and chemical prospection of essential oils from three species: *Baccharis crispa*, *Eugenia uniflora*, and *Aloysia gratissima*. Monoterpenes are the predominant compounds in the three species. Fifteen majority constituents were found of which 57,8% are monoterpenes in *E. uniflora*, ten major constituents were found in *A. gratissima* of which 72,6% were monoterpenes and 8 were found in *B. crispa*, of which 88,7% were monoterpenes. The organization of management methods for the natural populations and commercial planting could assist in raising the value of now undesired native Pampa species. Thus, a great opportunity to use these species to promote innovative productive systems through local eco-production arrangements is proposed and supported by agroecological research about product development, formation of human capital and creation of markets.

Keywords: Sociobiodiversity. Innovation. Pampa conservation. Local Eco-production Arrangements.

Introdução

Os chamados campos sulinos do Rio Grande Sul, com exceção dos campos de altitude, foram desmembrados do bioma Mata Atlântica em 2004 e considerados, no que tange à classificação brasileira, como bioma Pampa. É o único bioma que se estende por um só Estado, ocupando uma superfície de 178 mil km², o que representa 63% do território gaúcho e 2,1% do território nacional^[1]. Além da metade sul do Rio Grande do Sul, os ecossistemas associados ao Pampa abrangem o Uruguai, o centro-leste da Argentina e o extremo sudeste do Paraguai. Por ser um conjunto de ecossistemas muito antigos, apresenta flora e fauna próprias e grande biodiversidade, forjada por uma atividade econômica centenária, a bovinocultura^[2]. O decréscimo da biodiversidade local tem afetado tanto as estratégias de conservação dos ecossistemas quanto o uso desse patrimônio natural único, influenciando diretamente no declínio da produtividade na pecuária e na possibilidade de usos futuros. Dessa forma, a utilização da biodiversidade vegetal emerge como promotora de conservação e inovação, principalmente às respostas necessárias aos impactos ambientais resultantes dos sistemas produtivos ligados ao agronegócio, especialmente marcados no território do Pampa gaúcho.

Uma das estratégias de inovação no contexto da biodiversidade brasileira é a produção de óleos essenciais (OE), especialmente como fitodefensivos^[3]. Os OE são compostos derivados de terpenóides, monoterpenos e sesquiterpenos e, em menor quantidade, de fenilpropanóides. As plantas que contêm OE geram, no processo de extração, extratos usualmente líquidos, de comportamento hidrofóbico, que exalam odor característico e contêm um variado número de compostos voláteis com alto potencial de uso como fitomedicamentos e fitodefensivos^[4]. Nesse sentido, a biodiversidade remanescente do Pampa destaca-se como uma oportunidade de aliar restauração do bioma e promoção de inovação neste território altamente pressionado pelo agronegócio, além de mitigar os impactos ambientais decorrentes desta atividade.

Assim, com o objetivo de estimular a conservação do Pampa por meio do uso sustentável da sua biodiversidade foram realizadas atividades de manejo agrônomico, complementadas com a caracterização dos compostos majoritários dos OE de três espécies de rápido crescimento, visando embasar futuros arranjos produtivos inovativos. As espécies escolhidas para este trabalho são negligenciadas e indesejadas por muitos agropecuaristas, a destacar: *Baccharis crispa* Spreng, *Eugenia uniflora* L. e *Aloysia gratissima*

(Gillies & Hook) Tronc. Para isso, apresenta-se em seguida uma síntese das principais características botânicas, ecológicas, químicas e atividades biológicas das espécies selecionadas.

***Baccharis crisper* Spreng (Asteraceae)**

Asteraceae é a maior família de plantas com flores já descritas e possui mais de 1600 gêneros, dentre eles *Baccharis*, distribuído do Canadá ao Chile. No Rio Grande do Sul, esse gênero é representado por 20 espécies, sendo três delas comumente encontradas no Pampa, a saber: *B. articulata*, *B. sagittalis* e *B. crisper*^[5]. *B. crisper* é sinônimo de *B. trimera* e *B. cylindrica*, sendo geralmente confundida com *B. myriocephala*, que é um táxon morfológicamente próximo^[5]. Tem comportamento ecológico característico do gênero, uma vez que é dominante nos estágios iniciais de regeneração espontânea da flora ^[6]. É conhecida popularmente como carqueja, vassoura amarga ou chirca. Apresenta porte arbustivo, com altura de 0,5 a 4,0 m, bastante ramificado, com caules na base e ramos verdes com expansões trialadas; dioica, com numerosas inflorescências do tipo capítulo, de cor branco-amarelada, sésseis, dispostas ao longo dos ramos superiores^[5].

As chamadas carquejas, especialmente *B. crisper*, é amplamente utilizada na medicina popular e seus OE possuem importantes atividades biológicas, entre as quais se destacam: antimicrobiana, antioxidante, hepatoprotetora e anti-inflamatória^[7]. Na agropecuária, *B. crisper* tem se destacado com o uso dos seus OE e hidrolatos (HL) (solução aquosa residual do processo de extração) como fungicidas, bactericidas, inseticidas e herbicidas^[8].

Quanto à composição química, seus constituintes majoritários e bioativos são basicamente constituídos por monoterpenos (α - e β -pineno) e sesquiterpenos (carquejol e derivados ésteres)^[9]. Em São Paulo, sob condições de manejo agrônomico, o espatulenol constituiu 98,43% no OE da *B. trimera*^[10]. Estudos com OE de plantas coletadas no Uruguai mostraram em seu conteúdo 150 diferentes substâncias voláteis, das quais 79 destas ainda não haviam sido relatados para a espécie^[11]. Amostras colhidas na região do Alto Uruguai, no Rio Grande do Sul, revelaram 17 substâncias no OE de *B. trimera*^[12]. Com relação ao rendimento, ou seja, a relação entre quantidade de massa verde coletada e quantidade de OE produzido, destacam-se os seguintes resultados para essa espécie: 1,3%, 1,08%, 0,9% e 0,24%^[11,13-15]. O estudo de Torre^[16] investigou o rendimento no verão e inverno, os quais resultaram 0,24% e 0,09%, respectivamente. O autor também registrou que em anos de seca o rendimento aumentou em comparação com períodos mais chuvosos. Em estudos em São Paulo com folhas de *B. crisper* em diferentes épocas de colheita e sistemas de irrigação os resultados direcionam estratégias de manejo agrônomico da espécie^[10].

***Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae)**

Eugenia uniflora, a pitangueira, é uma planta dicotiledônea, nativa brasileira, pertencente ao gênero *Eugenia*, família Myrtaceae, que ocorre desde o México até a Argentina. É um arbusto denso, com altura de 2,0 a 4,0 m, copa arredondada, folhagem persistente ou semidecídua, raiz pivotante e profunda, flores hermafroditas, frutos pequenos, não ultrapassando 5,0 cm de diâmetro, tipo baga globosa, deprimida nos polos e com sulcos marcados longitudinalmente^[17].

Quanto ao seu perfil químico, destaca-se que em Piratini (RS), Prestes et al.^[18] realizaram a extração de OE de folhas de *E. uniflora* pelo método de arraste a vapor e identificou 8 sesquiterpenos. Em Erechim (RS), Brun et al.^[19] identificaram 15 substâncias no OE de pitanga extraído por hidrodestilação, contendo

93,3% de sesquiterpenos. Dos Santos et al. [20] em estudos no Crato (CE), identificaram 9 sesquiterpenos, representando 87,7% da composição total. Figueiredo et al. [21] identificaram 80 sesquiterpenóides, representando uma média de 87,3% da composição total, em amostras provenientes de cinco acessos de plantas coletadas em diferentes locais. Outros pesquisadores, em coletas no Rio de Janeiro (RJ), avaliaram o teor de constituintes majoritários do OE de tecidos jovens e velhos de folhas de pitanga, identificando 9 substâncias que representavam 87,71% da composição total. Nesse estudo, as células de tecidos novos resultaram em 97,8% de sesquiterpenos e 0,4% de monoterpenos, com teores de 88,7% e 3,4%, respectivamente, para os tecidos mais velhos [22]. Em ambiente de Cerrado foi identificado um polimorfismo químico de OE de folhas de pitanga, sendo esse fato atribuído a variações sazonais e ecológicas [23].

Além dos monoterpenos e sesquiterpenos, os polifenóis e carotenóides do OE de *E. uniflora* são fitoquímicos multialvos com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antidiabéticas, além de suas ações como biodefensivos [24,25]. Os diferentes resultados dos rendimentos de OE da pitanga em função da idade das folhas são de 0,55% para as folhas jovens e 0,52% para folhas velhas [22]; com Figueiredo et al. [21] detectando uma variação entre 0,9% e 2,2%.

***Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) Tronc (Verbenaceae)**

O gênero *Aloysia* inclui 30 espécies, distribuídas nas Américas, indo dos Estados Unidos até a Patagônia. A espécie *A. gratissima* é nativa do México ao Noroeste da Argentina, concentrando-se na região Sul do Brasil [26]. É chamada de garupá, alfazema do Brasil, mimo do Brasil ou cedrón del monte, em espanhol. É um arbusto que pode alcançar 3,0 m de altura, com padrão irregular de crescimento. As folhas são simples, opostas, às vezes alternadas, inteiras ou dentadas, lanceoladas, macias ou subcoriáceas, com brotos fortes e herbáceos. Suas flores de primavera e verão de odor intenso são brancas, fragrantas, em agrupamentos axilares solitários ou geminados ou, ainda, em inflorescências paniculadas e terminais [26].

Em experimentos de extração de OE de misturas de folhas e flores para essa espécie resultaram na identificação de 32 terpenóides, sendo 17 monoterpenos e 15 sesquiterpenos [26]. Soler et al. [27] descreveram que 70% dos constituintes são sesquiterpenos para folhas dessa espécie cultivadas no Uruguai. Em Minas Gerais foram obtidos 56% de monoterpenos em folhas e 11,7% nas inflorescências, e 41,3% e 74,9% de sesquiterpenos, em folhas e inflorescências, respectivamente [28]. Estudos com folhas em Goiânia (GO) identificaram 27 componentes distintos, com 46% de monoterpenos [29]. Coletadas nos meses de novembro e maio em São Paulo, folhas de *A. gratissima* resultaram em uma variação de 34% a 44,3% de constituintes representados por sesquiterpenos e monoterpenos, sempre com a predominância destes últimos [30]. Estudos demonstram que o cultivo de *A. gratissima* sombreada interferiu na diminuição em 50% na produção do OE, ao passo que folhas desenvolvidas a pleno sol apresentaram um acréscimo de 0,94% no rendimento teor de OE [26].

Os dados de rendimento de extração do OE de garupá são variados tanto com relação aos resultados quanto às unidades utilizadas. Santos et al. [28] obtiveram 0,56% de rendimento com inflorescências. Os mesmos autores registraram 0,35%, e Franco et al. [29] 2,0% com folhas secas. Pinto et al. [30] trabalharam com folhas secas em três níveis de sombreamento para extração do OE, obtendo 0,73 g/planta⁻¹ em pleno sol, 0,88 g/planta⁻¹ em 40% de sombreamento e 0,26 g/planta⁻¹ em 80% de sombreamento. Santos [26] avaliou os rendimentos entre ambientes com diferentes níveis de radiação solar incidente e o sombreamento a 50% demonstrou que o maior teor de OE foi obtido quando as plantas foram cultivadas a

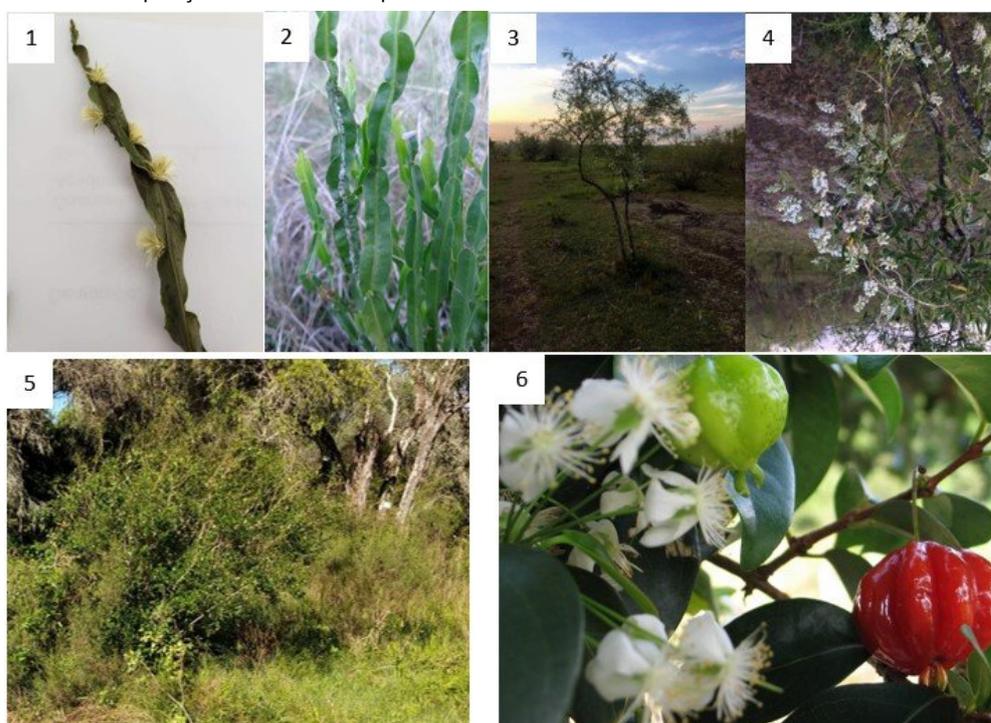
pleno sol com um resultado em rendimento de 1,27 ml/180g de massa fresca. Segundo Souza et al [31], o maior rendimento de OE de folhas de *A. gratissima* obtido em extração por fluido supercrítico (SCCO₂) a 60°C e 200 bar foi de 4,42%. O OE da *A. gratissima* apresenta atividade antibacteriana, antifúngica, anti-inflamatória e inseticida [28-33].

Materiais e Método

Manejo da biomassa botânica à extração

Para a seleção das espécies, dois critérios foram levados em consideração: (i) uso pelas comunidades locais, e (ii) crescimento rápido. As três espécies trabalhadas foram registradas no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético (SisGen) com os seguintes cadastros: nº A98DD5C: *B. crispa*, nº A42A521: *A. gratissima*, nº A917902: *E. uniflora*. O material botânico proveniente de populações naturais do Pampa (FIGURA 1) foi encaminhado ao Herbário da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Clima Temperado. Para as três espécies, procederam-se a coleta de matéria verde e o processamento em duas épocas distintas do ano; uma no inverno e outra no verão. As especificidades de tratamentos no manejo da biomassa consideraram a distinção entre as espécies. Para *A. gratissima* e *E. uniflora*, na primeira coleta foram obtidos ramos e folhas, com o beneficiamento incluindo a separação do material por órgão vegetal, seguindo-se a extração com a biomassa somente das folhas. Contudo, para a segunda extração utilizaram-se galhos e folhas misturados com cortes de frações de 10 cm. Com *B. crispa*, a primeira coleta foi de toda a parte aérea disponível da espécie (folhas e flores), mantendo-se um corte 20 cm acima do solo. Na segunda coleta foram utilizadas somente folhas provenientes da poda da primeira coleta.

FIGURA 1. Populações naturais das espécies trabalhadas.



Legenda: 1 e 2: *Baccharis crispa*; 3 e 4: *Aloysia gratissima*; 5 e 6: *Eugenia uniflora* (Fotos: Autores).

A síntese dos métodos de coleta e beneficiamento da matéria verde, anterior à extração, está apresentada na TABELA 1.

TABELA 1: Procedimentos de coleta e beneficiamento de biomassa fresca.

Síntese dos procedimentos de coleta e beneficiamento						
Espécie	Variáveis observadas*					
	LC	EC	FC	EQ	PC	FB
<i>Baccharis crispa</i>	CR	OU/PR	MA/ME	TP	FO	INT/PIC/TRI
<i>Aloysia gratissima</i>	CR/APA	OU/PR	MA/ME	MO/SE/TP	FO/RA	INT/PIC
<i>Eugenia uniflora</i>	CR	OU/PR	MA	TP	FO/RA	INT/PIC

*LC: Local de coleta; CR: Campus Rural UERGS; APA: Área de Proteção Ambiental do Ibirapuitã; EC: Época de coleta; OU: Outono; PR: primavera; FC: Forma de coleta; MA: Manual; ME: mecanizado; EQ: Equipamento de coleta; TP: Tesoura de poda; MO: Motosserra; SE: Serrote; PC: Parte coletada; FO: Folhas; RA: Ramos; FB: Forma de beneficiamento; INT: Inteiro; PIC: Picado em 15 cm; TRI: triturado.

Extração e análise de compostos voláteis

O processo de obtenção dos OE via destilação por arraste a vapor, utilizado neste estudo, foi realizado em um extrator industrial da marca @Limana E.I.20/100 de capacidade de 20 litros (**FIGURA 2**). Para a avaliação da extração foram registradas as seguintes variáveis: época de coleta da biomassa (EC), se no inverno ou verão; tipo de manejo (TM); massa fresca (MF); tempo entre coleta e extração (TCE); tempo de extração (TE); quantidade do hidrolato (QHL); quantidade do óleo essencial (QOE); massa óleo essencial (MOE); rendimento do hidrolato (RHL); rendimento do óleo essencial (ROE); coloração do óleo essencial (CO).

O cálculo do rendimento dos OE das espécies trabalhadas, expresso em base úmida (biomassa fresca), foi realizado considerando a relação entre massa do OE e da biomassa fresca, conforme fórmula: $R\% = (M_{OE}/M_{BF}) * 100$, onde: R%= rendimento em percentagem; M_{OE} = massa do OE; M_{BF} = massa da biomassa fresca.

As análises dos perfis dos compostos orgânicos voláteis encontrados nos extratos de OE foram realizadas em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Departamento de Química - Laboratório de Química Ambiental e Geoquímica Orgânica (LQAG). Foram realizadas análises de três amostras referentes às três espécies desse estudo coletadas durante o outono/inverno. A extração dos compostos voláteis foi realizada por microextração em fase sólida (SPME) de acordo a metodologia proposta por Xing et al.^[34]. Uma alíquota (1 gota de OE) de cada amostra foi transferida para um frasco de 20 mL. Após ser lacrado, o frasco foi mantido em banho maria (modelo MQBTC-910, Microquímica, Diadema, SP, Brasil) a 40°C, sob agitação, durante todo o processo de extração, com um tempo de pré-equilíbrio de 15 min, antes da inserção da fibra extratora. A extração dos compostos voláteis foi realizada pela exposição da fibra (composta por divinilbenzeno/carboxen/polidimetilsiloxano) (Supelco, Bellefonte, PA, EUA) no interior do frasco contendo a amostra, por 40 min e, posteriormente, inserida diretamente no injetor do cromatógrafo a gás (GC) a 250°C por 10 min.

FIGURA 2: Extrator de 20 litros utilizado na obtenção dos óleos essenciais.



A separação dos compostos voláteis foi realizada em um GC modelo Clarus 680 acoplado a um espectrômetro de massas modelo Clarus SQ8, ambos Perkin Elmer (Shelton, CT, EUA) equipado com uma coluna capilar SLB®-5ms (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm de espessura de filme) (Supelco, Bellefonte, PA, EUA). As condições de operação do cromatógrafo foram realizadas de acordo com descrito por Xing et al.^[34], sendo operado em modo *splitless* e o programa de temperatura iniciado em 50°C por 1 min, seguido de uma taxa de 5°C min⁻¹ até 130°C, mantido constante por 0,5 minuto, seguindo por uma nova taxa de 15°C min⁻¹ até 250°C, permanecendo por 10 min. O gás de arraste foi hélio 5,0 (99,999% de pureza), com vazão de 1 ml min⁻¹. A temperatura da fonte de íons e da linha de transferência foram 200°C e 250°C, respectivamente. O espectrômetro de massas foi operado em modo de ionização por elétrons (EI) a 70 eV. As análises foram realizadas em modo *full scan*, monitorando em uma faixa de 40 a 400 (m/z). Os compostos foram tentativamente identificados por interpretação dos espectros de massas e comparação com os espectros disponíveis na biblioteca NIST (National Institute of Standards and Technology).

Resultados e Discussão

Manejo da biomassa botânica à extração

A **TABELA 2** apresenta uma síntese dos resultados de manejo da biomassa botânica à extração.

TABELA 1: Síntese dos dados à extração dos óleos essenciais.

Espécie	EC	TM	MF (kg)	TCE (min)	QHL (l)	QOE (ml)	MOE (g)	RHL (%)	ROE (%)	CO
<i>Baccharis crispa</i>	OU	TRI	20,44	3270	3,72	4	3,16	18,2	0,02	AL
	OU	PIC	10,5	1230	3,56	32	25,28	33,9	0,29	AL
	PR	PIC	18,34	260	5,84	69	54,51	31,84	0,36	AL
<i>Aloysia gratissima</i>	OU	INT	4,95	90	3,45	3	2,46	69,7	0,05	AM
	PR	PIC	13,7	160	6,55	24	19,68	47,81	0,15	AM
<i>Eugenia uniflora</i>	OU	INT	6,29	370	3,42	3	2,64	54,37	0,04	AV
	PR	PIC	8,94	1655	5,57	4	3,52	62,3	0,04	AV

*EC: Época de coleta; OU: Outono; PR: Primavera; TM: Tipo de manejo; TRI: triturado; PIC: picado; INT: inteira; MF: massa fresca; TCE: Tempo entre coleta e extração; QHL: Quantidade do hidrolato; QOE: Quantidade do óleo essencial; MOE=massa óleo essencial; RHL: Rendimento do hidrolato; ROE: Rendimento do óleo essencial; CO: coloração do óleo essencial; AL: Alaranjado, AM: Amarelado; AV: Avermelhado.

Para *B. crispa*, a primeira coleta de outono teve um tempo entre coleta e extração de 54,5 horas e uso da biomassa triturada com folhas e flores. Com esse tratamento o rendimento do OE foi bem abaixo de quando foi coletado e extraído no mesmo dia e, ainda, os diminutos capítulos das inflorescências permaneceram no filtrado. Destaca-se ainda que a trituração da biomassa resultou em alta dispersão dos voláteis, identificada pelo odor característico quando do beneficiamento, com diminuição do rendimento em mais de 90%, conforme pode ser observado na **TABELA 2**. Na segunda e terceira coletas o tratamento foi de picagem somente de folhas em seções menores de 5 cm, contudo, a segunda foi de folhas novas e velhas e a subsequente somente de folhas jovens. Para *A. gratissima*, a utilização somente de folhas no outono resultou em necessidade de grande disponibilidade de mão de obra para a coleta e separação das folhas

e um rendimento de 0,05% de OE e 69,7% de HL, ao passo que com a utilização de galhos, folhas e flores à extração na primavera obteve-se um rendimento de 0,15% e 47,81% de HL. Com relação a *E. uniflora* tanto no outono quanto na primavera, bem como, tanto com a utilização de somente folhas ou galhos, galhos e flores os resultados não variaram quanto ao rendimento do OE (0,04%) e o rendimento do HL variou de 54,37% a 62,30%. É importante ressaltar que as folhas coletadas dos indivíduos da população natural de *E. uniflora* apresentavam muitas injúrias e suas copas eram densas, com baixa exposição ao sol.

Extração e análise dos voláteis

A partir dos OE extraídos da biomassa botânica das três espécies em estudo, foram obtidos os resultados das substâncias voláteis majoritárias. Na amostra de *E. uniflora* foram identificados 15 componentes majoritários, entre eles seis monoterpenos de fórmulas moleculares $C_{10}H_{16}$ e $C_{10}H_{14}$, representando 57,8% da composição da amostra e nove sesquiterpenos com fórmulas $C_{15}H_{24}$, $C_{15}H_{20}O$, $C_{15}H_{26}O$, $C_{15}H_{24}O$, $C_{15}H_{22}O$ e $C_{15}H_{22}$, com 36,7%. Os compostos identificados para essa espécie foram: 3-careno, pineno, mirceno, α -ocimeno, (E,Z)-cosmeno; elemeno, copaeno, alloaromadendrene, curzereno, β -cadineno, palustrol, espatulenol, β -elemenona e calameneno. Para *A. gratissima* foi possível identificar 10 componentes majoritários, entre eles sete monoterpenos de fórmulas $C_{10}H_{16}$ e $C_{10}H_{16}O$, representando 72,6% da composição; e três sesquiterpenos com fórmulas $C_{15}H_{24}$ com um total de 24,3%. Os compostos identificados para essa espécie foram: 3-careno, sabineno, pineno, γ -terpineno, limoneno, 1,3,3-trimetil-triciclo[2.2.1.0(2,6)]heptano,3,6,6-trimetil-biciclo[3.1.1]heptan-2-ona, bourboneno, β -elemeno e (1s,2e,6e,10r)-3,7,11,11-tetrametilbiciclo[8.1.0]undeca-2,6-dieno. A análise do OE de *B. crispa* resultou na identificação de 8 componentes majoritários, entre eles três monoterpenos de fórmulas $C_{10}H_{16}$ com 88,7% da composição da amostra analisada e cinco sesquiterpenos com fórmulas $C_{15}H_{24}$ com 9,46%. As substâncias identificadas foram: 3-careno; ciclo-hexano, 4-(1-metil-etenil)-1-metileno, 1,3,3-trimetil-triciclo[2.2.1.0(2,6)]heptano, β -elemeno, cipereno, isocariofileno, α -cubebeno e isoledeno.

Para o manejo da biomassa botânica é importante a determinação de parâmetros que correlacionem estádios fenológicos e coleta da biomassa por espécie. As espécies estudadas apresentam fenologia de difícil padronização, o que dificulta uma indicação precisa do melhor ponto de colheita e extração do OE em populações naturais. Nesse sentido, estudos anteriores apontam que a floração da *B. crispa* ocorre entre o meio do verão e o início do outono^[9]. No presente estudo, *B. crispa* tem pico de florescimento entre os meses de dezembro e março, conforme indicado por Heiden et al.^[5]. A floração de *A. gratissima* foi identificada na primavera e verão, bem como no final do inverno e início do outono e de *E. uniflora* entre agosto e dezembro^[17,29]. Esses dados foram corroborados no presente estudo.

Adicionalmente, os resultados desse estudo apontam que o melhor resultado de manejo para *B. crispa* foi o uso de um período aproximado de 4,3 horas entre a coleta e a extração; sendo a coleta de folhas jovens e inteiras na primavera e corte com tesoura de poda em setores de 5-10 cm, quando destinados à extração. Quanto à *A. gratissima*, a diretriz é a utilização de folhas, galhos e flores para extração e prospecção futura com a utilização somente de flores. Para *E. uniflora*, a indicação é a elaboração de um plano de podas com objetivo de aumentar o rendimento identificado a partir da melhoria da qualidade das folhas a serem coletadas que, nesse estudo específico, encontravam-se visualmente injuriadas.

O presente estudo também apresenta uma tendência de relação entre rendimento de OE de *B. crispa* e o período fenológico, ou seja, indica-se o manejo da biomassa no período vegetativo que, para a região, é

após o ápice de florescimento, de dezembro a março, excetuando no período de inverno, devido ao baixo crescimento de matéria verde. *A. gratissima* gerou o maior rendimento no estágio de floração, com nenhuma diferença mensurável, quando comparado ao caso de *E. uniflora*. Sendo assim, para essas duas espécies há uma maior amplitude de tempo para o manejo do processo desde a biomassa até a extração. O garupá tem o maior período de florescimento, e a pitanga o período mais restrito. Nesse sentido, *A. gratissima* destaca-se pelo potencial de produção, via extração de OE, a partir do manejo de populações naturais dessa planta conhecida como a lavanda-brasileira. Além disso, pode-se eventualmente explorar durante o beneficiamento, a separação de flores e folhas, visando prospectar a diferença entre constituintes e obter produtos mais adequados para o mercado.

O rendimento de OE e a concentração de cada um dos constituintes variam durante o desenvolvimento do vegetal, bem como o regime de luz, a temperatura, a umidade relativa, o regime de ventos e, ainda, a localização dos elementos voláteis em diferentes órgãos de uma mesma planta; quando podem apresentar composição química, caracteres físico-químicos e odores distintos^[36]. Para o garupá, percebe-se que existe uma relação entre a exposição solar completa, espessura da folha e maior rendimento de OE. Santos^[26], destaca a correlação positiva entre espessura da folha e rendimento do OE para *A. gratissima* cultivada a pleno sol.

O presente estudo demonstrou uma preponderância de monoterpênicos para a garupá em amostras de folhas e galhos. Por outro lado, Soler et al.^[27] ressaltaram que há significativa diferença entre a quantidade de monoterpênicos e sesquiterpênicos de OE proveniente somente de folhas e somente de flores. Em *B. crispa*, Torre^[16] obteve um rendimento de OE em base seca de 0,07% e 0,069%, para maio e dezembro, respectivamente; ao passo que o presente estudo resultou em 0,29% e 0,36% nos mesmos meses de coleta. Para *E. uniflora* o maior rendimento foi de 0,07%, um valor que ficou consideravelmente abaixo dos resultados encontrados por outros autores, como 0,55% para as folhas jovens e 0,52% para folhas velhas com uma variação entre 0,3% a 2,2% para folhas frescas^[19,21,22]. Para *A. gratissima* o presente trabalho corrobora com outros estudos que registraram um predomínio de monoterpênicos^[37]. No entanto, para *E. uniflora*, enquanto o presente estudo registrou maior concentração de monoterpênicos, outros investigadores registraram predomínio de sesquiterpênicos^[22].

A domesticação dessas espécies, no sentido de implantar pomares produtores de OE em especial, sustentados em práticas e conceitos agroecológicos baseados em sistemas agroflorestais, pode ser uma indicação para modelos produtivos inovadores no Pampa. Nesse sentido, é salutar destacar que as três espécies trabalhadas são de rápido crescimento e de fácil multiplicação tanto sexuada como assexuadamente. Merecem especial atenção *A. gratissima* e *B. crispa* pois possuem hábito arbustivo conferindo maior rapidez ao ciclo produtivo quando observada a possibilidade de domesticação da espécie, diferentemente de *E. uniflora* que é uma espécie arbórea.

Conclusão

O presente estudo demonstra que, da mesma forma que em outros biomas, existe a oportunidade de utilização da biodiversidade local visando a união da geração de renda, inovação e conservação dos ecossistemas naturais. Entende-se que a região possui uma alta assimetria de desenvolvimento em relação a outras regiões do estado e do país, e que a inovação seria um vetor de desenvolvimento local baseado

na bioeconomia. Nesse sentido, os resultados apontam que espécies indesejadas, de rápido crescimento, e de início de sucessão ecológica, são estratégicas para o estabelecimento de arranjos ecoproductivos locais (AEPL), estímulo a ambientes de inovação e promoção da conservação da biodiversidade local. O manejo de populações naturais e a domesticação de espécies pioneiras nativas também é uma estratégia para unir saberes locais e sistemas produtivos baseados em princípios agroecológicos.

Entende-se que a partir deste estudo preliminar, é possível a estruturação de uma linha de pesquisa visando a construção de um alicerce para o desenvolvimento de novos produtos naturais a serem utilizados em um AEPL no Pampa. Já se têm elos importantes como integrantes do AEPL, tal como a atual criação do Núcleo Garupá da RedesFito e um conjunto de atores interessados, dentre eles: uma empresa de nano encapsulamento de produtos naturais e a UFSC para a análise fitoquímica; bem como existe articulação com uma cooperativa de agricultores locais para a produção de biomassa. No entanto, sob a perspectiva da qualificação do produto será necessário o aprofundamento de dados sobre as correlações locais existentes entre manejo da biomassa e seus constituintes químicos. Há necessidade de se expandir os estudos, envolvendo maior número de coletas, extrações e análises, para melhor estabelecer as correlações existentes. Além disso, como o objetivo, no médio prazo, é o desenvolvimento de produtos naturais a serem utilizados na produção orgânica e agroecológica como inseticidas, herbicidas e fungicidas, serão estabelecidos experimentos sobre atividade biológica dos OE, seus subprodutos e manipulados, tal como os nanoencapsulados.

Ao entender que o potencial de uso da biodiversidade é amplo e a demanda de produtos naturais é crescente, a continuação do trabalho se dará com a seleção de duas espécies-chave a serem testadas em sistemas produtivos inovativos, a saber *A. gratissima* e *B. crispa*. Assim, os resultados aqui apresentados, auxiliam no processo de protocolização de manejo dessas espécies selecionadas visando mercados emergentes.

Referências

1. Wizniewsky CRF, Foletto EM. **Olhares sobre o Pampa: um território em disputa** [Internet]. Evangraf. Porto Alegre; 2017. 258 p. Disponível em: [\[Link\]](#).
2. Boldrini, II. A flora dos Campos do Rio Grande do Sul. In: Pillar VP, Muller SC, Castilhos ZMS, Jacques AVA, editors. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. 1st ed. Porto Alegre: UFRGS; 2009. 403 p..
3. Bizzo HR, Hovell AMC, Rezende CM. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Quim Nova** [Internet]. 2009; 32(3): 588-94. ISSN 1678-7064. [cited 2020 Jun 10]. Disponível em: [\[CrossRef\]](#) [\[Link\]](#).
4. Cunha AL, Moura KS, Barbosa JC, Santos AF. Os metabólitos secundários e sua importância para o organismo. **Diversitas J** [Internet]. 2016; 1(2): 175. ISSN 2525-5215. [cited 2020 Jul 8]. Disponível em: [\[CrossRef\]](#).
5. Heiden G, Iganci JRV, Macias L. *Baccharis* sect. Caulopterae (Asteraceae, Astereae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Rodriguésia** [Internet]. 2009; 60(4): 943-83. ISSN 2175-7860. [cited 2020 Jul 10]. Disponível em: [\[CrossRef\]](#) [\[Link\]](#).
6. Azambuja-Filho JCR. **Dinâmica vegetacional de campo nativo com históricos de manejo contrastantes, submetido ao diferimento**. 101 fs. Porto Alegre, 2013. Dissertação de mestrado

[Programa de Pós-graduação em Zootecnia] - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS. Porto Alegre, 2013. Disponível em: [\[Link\]](#).

7. Silveira Rabelo AC, Caldeira Costa D. A review of biological and pharmacological activities of *Baccharis trimera*. **Chem Biol Interact** [Internet]. 2018; [cited 2020 Oct 10]. (12)296: 65–75. Disponível em: [\[CrossRef\]](#).

8. Gonçalves CEP. **Alelopatia de carqueja (*Baccharis trimera* Less) e ação de fungos de capim-annoni (*Eragrostis plana* Ness)**. 88 fs. Santa Maria. 2014. Dissertação de mestrado [Programa de Pós-graduação em Agrobiologia] Centro de Ciências Naturais e Exatas - Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. Santa Maria. RS. 2014. Disponível em: [\[Link\]](#).

9. Garcia D, Furlan MR, Ming LC. *Baccharis trimera* (Less.) DC. in Albuquerque UP, Patil U, Máthé Á, editors. **Medicinal and Aromatic Plants of South America**. Dordrecht: Springer Netherlands; 2018 [cited 2020 Aug 5]. p.129-138. ISBN 978-94-024-1550-6. Disponível em: [\[CrossRef\]](#).

10. Moreno-Pizani MA, Paredes-Trejo FJ, Farias-Ramirez AJ, dos Santos HT, Prado Massarioli A, Marin FR et al. Essential Oil Content of *Baccharis crispa* Spreng. Regulated by Water Stress and Seasonal Variation. **AgriEngineering** [Internet]. 2020 Aug 8; 2(3): 458-70. ISSN 2624-7402. [cited 2020 Nov 10]. Disponível em: [\[CrossRef\]](#) [\[Link\]](#).

11. Minteguiaga M, Mercado MI, Ponessa GI, Catalán CAN, Dellacassa E. Morphoanatomy and essential oil analysis of *Baccharis trimera* (Less.) DC. (Asteraceae) from Uruguay. **Ind Crops & Prod** [Internet]. 2018; 112(2018): 488-98. ISSN 0926-6690 . [cited 2022 Aug 25]. Disponível em: [\[CrossRef\]](#) [\[Link\]](#).

12. Amaral AS, Mossi AJ, Randüz LL, Treichel H, Teixeira AJ, Lerin LA et al. Cultivo de carqueja (*Baccharis trimera*) em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio. **Rev Perspectiva** [Internet]. 2010; 34(127): 25-34. ISSN 2175-795X. [cited 2020 Jul 10]. Disponível em: [\[Link\]](#).

13. Amaral AS, Radünz LL, Mossi AJ, Santi A, Rosa MMFF, Feiten F. Rendimento de matéria seca e de óleo essencial de *Baccharis trimera* com adubação química e orgânica. **Rev Ciên Agrovet** [Internet]. 2010; 9(1): 20-8. ISSN 2238-1171. [cited 2020 Feb 2]. Disponível em: [\[Link\]](#).

14. Pedrotti C, Ribeiro RTS, Schwambach J. Control of postharvest fungal rots in grapes through the use of *Baccharis trimera* and *Baccharis dracunculifolia* essential oils. **Crop Prot** [Internet]. 2019; 125(2019): 104912. ISSN 0261-2194. [cited 2020 Oct 10]. Disponível em: [\[CrossRef\]](#) [\[Link\]](#).

15. Paroul N, Rosa RLD, Piazza SP, Bertella T, Puton BMS, Falcão L et al. Composição química e atividade antioxidante de *Baccharis trimera* Pers e *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae). **Rev Perspectiva** [Internet]. 2016; 40(151): 55-64. ISSN 2175-795X. [cited 2020 Aug 1]. Disponível em: [\[Link\]](#).

16. Torre AD. **Óleo essencial de *Baccharis trimera* (Less.) DC.: estudos de genotoxicidade, mutagenicidade e metabolismo**. 144 fs. Campinas; 2018. Tese de Doutorado. [Instituto de Biologia]. Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas. 2018. [cited 2019 Aug 28]. Disponível em: [\[Link\]](#).

17. Coradin L, Siminski A, Reis A. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial Plantas para o Futuro - Região Sul**. Brasília, MMA; 2011. ISBN 978-85-7738-153-1

18. Prestes LS, Schuch LFD, Alves GH, Santos MAZ, Rodrigues MRA, Meireles MCA. Evaluation of the bactericidal action of essential oils from guava, Surinam cherry and strawberry guava. **Rev Cuba PI Med** [Internet]. 2011; 16(4): 324-30. [cited 2020 Mar 3]. Disponível em: [\[Link\]](#).

19. Brun G da R, Mossi AJ. Chemical Characterization and Antimicrobial Activity of the Volatile oil of Pitanga (*Eugenia Uniflora* L.). **Rev Perspectiva** [Internet]. 2010; 34(127): 135-42. ISSN 2175-795X. [cited 2020 May 5]. Disponível em: [\[Link\]](#).

20. Santos JFS, Rocha JE, Bezerra CF, Nascimento SMK, Matos YMLS, Freitas TS et al. Chemical composition, antifungal activity and potential anti-virulence evaluation of the *Eugenia uniflora* essential oil against *Candida spp.* [Internet]. **Food Chem.** 2018; 261(11):233–9. ISSN 1873-7072. [cited 2020 Aug 8]. Disponível em: [\[CrossRef\]](#).
21. Figueiredo PLB, Pinto LC, Costa JS, Silva ARC, Mourão RHV, Montenegro RC et al. Composition, antioxidant capacity and cytotoxic activity of *Eugenia uniflora* L. chemotype-oils from the Amazon. **J Ethnopharmacol** [Internet]. 2019; 232(11): 30-8. ISSN 18727573. [cited 2020 Aug 5]. Disponível em: [\[CrossRef\]](#).
22. Santos FR. **Estudo Comparativo dos Óleos Essenciais de Espécies da Família Myrtaceae através do Perfil Cromatográfico, Análise Multivariada e Atividades Biológicas.** 115 fs. Seropédica, 2016. Tese de doutorado [Programa de pós-graduação em Química] Instituto de Ciências Exatas - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Seropédica, RJ. 2016. [cited 2020 Nov 14]. Disponível em: [\[Link\]](#).
23. Costa DP, Santos SC, Seraphin JC, Ferri PH. Seasonal variability of essential oils of *Eugenia uniflora* leaves. **J Braz Chem Soc** [Internet]. 2009; 20(7): 1287-93. ISSN 1678-4790. [cited 2020 May 9]. Disponível em: [\[CrossRef\]](#) [\[Link\]](#).
24. Jung PH, Silveira AC, Nieri EM, Potrich M, Silva ERL, Refatti M. Atividade inseticida de *Eugenia uniflora* L. e *Melia azedarach* L. sobre *Atta laevigata* Smith. **Floresta e Ambiente** [Internet]. 2013; 20(2): 191-6. ISSN 2179-8087. [cited 2020 May 5]. Disponível em: [\[CrossRef\]](#) [\[Link\]](#).
25. Araújo FF, Neri-Numa IA, Paulo FD, Cunha GRMC, Pastore GM. Wild Brazilian species of *Eugenia* genera (Myrtaceae) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. **Food Res Int** [Internet]. 2019; 121(2019): 57-72. ISSN 1873-7145. [cited 2020 Nov 10]. Disponível em: [\[CrossRef\]](#).
26. Santos FM. **Aspectos ecofisiológicos de *Aloysia gratissima* (Gillies et Hook) Troncoso [Verbenaceae] associados à composição do óleo essencial e sua ação microbiana.** 129 fs. Lavras; 2007. Dissertação de mestrado. [Pós-graduação em Agronomia] - Universidade Federal de Lavras, UFL, Lavras, MG. 2007. [cited 2019 May 10]. Disponível em: [\[Link\]](#).
27. Soler E, Dellacassa E, Moyna P. Composition of *Aloysia gratissima* leaf essential oil. **Phytochemistry** [Internet]. 1986; 25(6): 1343-5. ISSN 0031-9422. [cited 2020 Feb 5]; Disponível em: [\[CrossRef\]](#) [\[Link\]](#).
28. Santos FM, Pinto JEBP, Bertolucci SKV, Alvarenga AA, Alves MN, Duarte MCT et al. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from the leaves and flowers of *Aloysia gratissima*. **Rev Bras PI Med** [Internet]. 2016; 1125(1125). ISSN 1516-0572 [cited 2019 Aug 5]; Disponível em: [\[CrossRef\]](#).
29. Franco ALP, Oliveira TB, Ferri PH, Bara MTF, Paula JR. Avaliação da composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) Tronc. (alfazema), *Ocimum gratissimum* L. (alfavaca-cravo) e *Curcuma longa* l. (açafraão). **Rev Eletr Farm** [Internet]. 2007; 4(2): 208-220. ISSN 1888-8884. [cited 2019 May 5]; Disponível em: [\[CrossRef\]](#) [\[Link\]](#).
30. Pinto JEBP, Cardoso JCW, Castro EM, Bertolucci SK V, Melo LA, Dousseau S. Aspectos morfofisiológicos e conteúdo de óleo essencial de plantas de alfazema-do-Brasil em função de níveis de sombreamento. **Hortic Bras** [Internet]. 2007; 25(2): 210-4. ISSN 1806-9991. [cited 2019 Sep 8]; Disponível em: [\[CrossRef\]](#) [\[Link\]](#).
31. Souza MA, Guzzatti JGG, Martello RH, Schindler MSZ, Calisto JFF, Morgan LV et al. Supercritical CO₂ extraction of *Aloysia gratissima* leaves and evaluation of anti-inflammatory activity. **J Supercrit Fluids** [Internet]. 2020; 159(2020). ISSN 0896-8446. [cited 2020 Aug 5];. Disponível em: [\[CrossRef\]](#) [\[Link\]](#).
32. Vandresen F, Schmitt E, Kato L, Oliveira CMA, Amado CAB, Silva CC. Constituintes químicos e avaliação das atividades antibacteriana e anti-inflamatória de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.)

Tronc. e *Aloysia virgata* (Ruiz & Pav.) Pers., Verbenaceae. **Rev Bras Farmacogn** [Internet]. 2010; 20(3): 317-21. ISSN 0102-695X. [cited 2020 Sep 10]; Disponível em: [\[CrossRef\]](#) [\[Link\]](#).

33. Coelho AAM. **Análise inseticida de extratos de plantas do bioma Cerrado sobre triatomíneos e larvas de *Aedes aegypti***. Brasília, 2006. [Internet]. Dissertação de Mestrado [Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde] - Universidade de Brasília, UNB, Brasília, 2006. [cited 2019 Aug 5]. Disponível em: [\[Link\]](#).

34. Xing C, Qin C, Li X, Zhang F, Linhardt RJ, Sun P et al. Chemical composition and biological activities of essential oil isolated by HS-SPME and UAHD from fruits of bergamot. **Food Sci Technol - LWT** [Internet]. 2019; 104(2019): 38-44. ISSN 0023-6438. [cited 2020 Aug 7]; Disponível em: [\[CrossRef\]](#).

35. Scheffer-Basso SM, Lubenow R, Carneiro CM, Chini SO. Morfofisiologia da rebrota de *Baccharis trimera* (Less) DC., Asteraceae: Subsídios para seu controle em pastagens naturais. **Biotemas** [Internet]. 2008; 21(3): 31-7. ISSN 2175-7925. [cited 2020 Sep 5]; Disponível em: [\[Link\]](#).

36. Simões CMO, Spitzer V, Schenkel EP, Gosmann G, Mello JCP, Mentz LA et al. Óleos voláteis. In: **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5ª ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS; Florianópolis: Ed. UFSC. 2004. p.467-498. ISBN 857025590X, 9788570255907.

37. Minteguiaga M, Mercado MI, Ponessa GI, Catalán CAN, Dellacassa E. Morphoanatomy and essential oil analysis of *Baccharis trimera* (Less.) DC. (Asteraceae) from Uruguay. **Ind Crops Prod** [Internet]. 2018; 112(2018): 488-98. ISSN 0926-6690. [cited 2020 Oct 5]; Disponível em: [\[CrossRef\]](#).

Histórico do artigo | **Submissão:** 31/07/2020 | **Aceite:** 06/05/2021 | **Publicação:** 30/09/2021

Conflito de interesses: O presente artigo não apresenta conflitos de interesse.

Como citar este artigo: Elguy LGP, Trevisan ACD, Coelho MP, Oliveira YEC et al. Manejo de biomassa e compostos majoritários de óleos essenciais de espécies do Bioma Pampa. **Rev Fitos**. Rio de Janeiro. 2021; 15(3): 333-345. e-ISSN 2446.4775. Disponível em: <<http://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/1065>>. Acesso em: dd/mm/aaaa.

Licença CC BY 4.0: Você está livre para copiar e redistribuir o material em qualquer meio; adaptar, transformar e construir sobre este material para qualquer finalidade, mesmo comercialmente, desde que respeitado o seguinte termo: dar crédito apropriado e indicar se alterações foram feitas. Você não pode atribuir termos legais ou medidas tecnológicas que restrinjam outros autores de realizar aquilo que esta licença permite.

