



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

TERESA LETÍCIA BARBOSA SILVA

**ESTUDO E ANÁLISE DE TÉCNICAS PARA EXTRAÇÃO DE GOMA DE *Albizia
lebbbeck (L.) Benth***

Campina Grande
2020

TERESA LETÍCIA BARBOSA SILVA

**ESTUDO E ANÁLISE DE TÉCNICAS PARA EXTRAÇÃO DE GOMA DE *Albizia
lebbek (L.) Benth***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. José Nilton Silva

Área de concentração: Desenvolvimento de processos químicos.

Campina Grande
2020

S586e

Silva, Teresa Letícia Barbosa.

Estudo e análise de técnicas para extração de goma de *Albizia lebbbeck (L.) Benth* / Teresa Letícia Barbosa Silva. – Campina Grande, 2020.

55 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2020.

"Orientação: Prof. Dr. José Nilton Silva".

Referências.

1. Desenvolvimento de Processos Químicos. 2. Resinagem – Técnicas de Extração. 3. *Albizia lebbbeck (L.) Benth* – Goma – Extração. I. Silva, José Nilton. II. Título.

CDU 66.09(043)

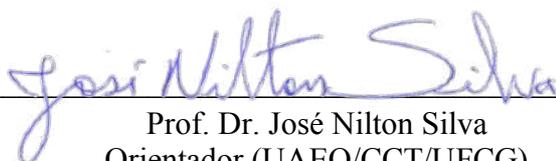
TERESA LETÍCIA BARBOSA SILVA

ESTUDO E ANÁLISE DE TÉCNICAS PARA EXTRAÇÃO DE GOMA DE
Albizia lebbek (L.) Benth

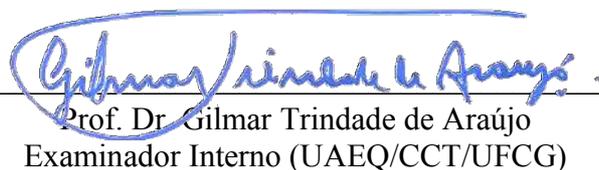
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Aprovada em 11/05/2020

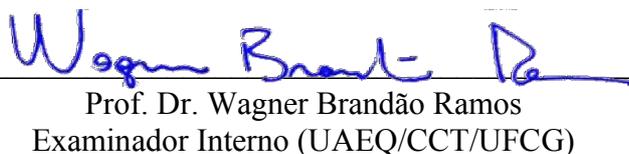
BANCA EXAMINADORA



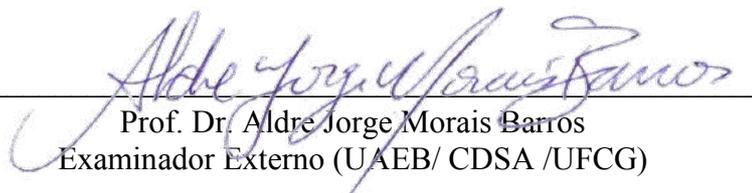
Prof. Dr. José Nilton Silva
Orientador (UAEQ/CCT/UFCG)



Prof. Dr. Gilmar Trindade de Araújo
Examinador Interno (UAEQ/CCT/UFCG)



Prof. Dr. Wagner Brandão Ramos
Examinador Interno (UAEQ/CCT/UFCG)



Prof. Dr. Aldre Jorge Morais Barros
Examinador Externo (UAEB/ CDSA /UFCG)

Campina Grande
2020

A Terezinha Limeira de Souza *in memoriam*.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar a saúde e a força necessárias para o desenvolvimento e a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, Masé e Amazan, por todo o esforço e dedicação a mim prestados, além da educação e ensinamentos necessários à minha formação.

A Amanda e Joab, pelo o suporte e incentivo todos esses anos.

A esta instituição, todo o seu corpo docente e de funcionários, que proporcionaram as condições necessárias para que eu alcançasse meus objetivos.

Ao meu orientador, Nilton Silva, por todo o tempo que dedicou a me ajudar durante o processo de realização deste trabalho.

À minha amiga Rebeca Albino, por não medir esforços para me ajudar, sempre que necessário.

Aos meus amigos e colegas do LIEP, por todo o apoio e por tornarem esta caminhada mais leve e descontraída.

Aos meus amigos que estão sempre presentes na minha vida.

Enfim, a todos que fizeram parte, direta ou indiretamente, desta etapa decisiva em minha vida, o meu muito obrigada!

“É o cientista que não desiste após os primeiros experimentos falharem.”

(Mario Sergio Cortella e Paulo Jebaili)

SILVA, TERESA LETÍCIA BARBOSA. **Estudo e análise de técnicas para extração de goma de *Albizia lebbbeck* (L.) Benth.** 2020. 55 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2020.

RESUMO

A *Albizia lebbbeck* é uma espécie asiática que se adaptou ao clima brasileiro, em particular, do semiárido paraibano. É útil na recuperação de solos, sendo utilizada também com a finalidade arborização urbana. A resina produzida por espécies arbóreas é um mecanismo de defesa a ataques de insetos ou microrganismos patogênicos. A extração dessa resina é uma atividade econômica relativamente recente no cenário nacional. O processo se dá por cortes ou perfurações na casca do tronco, de modo a expor a interface entre o xilema secundário e o floema, para que o “ferimento” ative a liberação de resina pelos dutos resiníferos, e pode ser intensificado por estimulantes químicos. Quanto à *Albízia*, estudos sobre a goma-resina exsudada, embora ainda escassos, indicam semelhança à goma acácia, que contém açúcares especiais como galactose e arabinose. Este estudo buscou estudar e analisar técnicas de resinagem já existentes com o intuito de definir a melhor maneira de extrair goma da espécie *Albizia lebbbeck*. Foram testados os sistemas aberto e fechado, a diferentes alturas em relação ao solo e uso de H₂SO₄ em diferentes concentrações, para estabelecer o que melhor se adequaria à espécie. Embora tenha sido constatada a necessidade de aprimoramento das técnicas e condições de plantio, foi possível observar que os métodos funcionam e podem ser promissores, servindo este estudo como ponto de partida para o desenvolvimento da atividade resineira nesse tipo de árvore.

Palavras-chave: *Albizia lebbbeck*, Goma, Resinagem, Técnicas de extração.

SILVA, TERESA LETÍCIA BARBOSA. **Study and technics analysis of *Albizia lebbeck* (L.) Benth gum extraction.** 2020. 55 p. Dissertation (Master degree in Chemical Engineering) – Federal University of Campina Grande, Paraiba, 2020.

ABSTRACT

Albizia lebbeck is an asian tree species that adapted well to the Brazilian climate, in particular, the semi-arid region of Paraiba state. It is useful in soil recovery, and is also used for urban afforestation. The gum produced by tree species is a defense mechanism against insect attacks or pathogenic microorganisms. The extraction of that gum is a relatively recent economic activity on the national scene - since the 1970s. The process takes place through cuts or perforations in the trunk bark, in order to expose the interface between the secondary xylem and the phloem, so that the “wound” activates the release of gum through resinous pipelines, and can be intensified by chemical stimulants. Studies on the *Albízia* exuded gum, although still scarce, indicate similarity to acacia gum, which contains special sugars such as galactose and arabinose. This study sought to apply and/or adapt existing gum extraction techniques to the *Albizia lebbeck* species. Open and closed systems were tested, at different heights to the soil and use of H₂SO₄ in different concentrations, to establish what is best suited to the species. Although it was found the need to improve the techniques, it was possible to notice that the methods performed can be promising and that this study serves as a starting point for the development of resin activity in this type of tree.

Keywords: *Albizia lebbeck*, Gum, Resin, Extraction technics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Realização da estria no painel aberto da árvore de Pinus usando estriador.....	22
Figura 2 – Planta já equipada com os instrumentos de coleta do látex.	23
Figura 3 – Sistema fechado com garrafas plásticas descartáveis.....	24
Figura 4 – Sistema fechado com cano PVC e saco plástico.	25
Figura 5 – Extrativistas fazendo coleta de seiva de Jatobá com cano de PVC e mangueira. ...	25
Figura 6 - GPS portátil utilizado para georreferenciar as árvores.....	27
Figura 7 - Árvores em que foram realizados os experimentos	28
Figura 8 – Localização das árvores 1, 2, 3 e 4.....	29
Figura 9 - Material utilizado para montagem dos sistemas fechados.....	31
Figura 10 - Exemplos de sistemas fechados finalizados	32
Figura 11 - Material utilizado para a montagem dos sistemas abertos.....	33
Figura 12 - Exemplos de sistemas abertos finalizados	33
Figura 13 - Experimento de Box-Behnken com $k=3$	34
Figura 14 - Sistemas abertos 15 dias após realização dos cortes	40
Figura 15 - Sistemas fechados 15 dias após realização das perfurações.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição de um experimento de Box-Behnken com três fatores.....	34
Tabela 2 - Delineamento fatorial.....	35
Tabela 3 - Detalhamento dos experimentos para o sistema fechado.....	35
Tabela 4 - Detalhamento dos experimentos para o sistema aberto	36
Tabela 5 – Realização dos experimentos em ordem aleatorizada pelo Minitab ® 18	38
Tabela 6 – Resultados obtidos para o Sistema fechado.....	42
Tabela 7 – Resultados obtidos para o Sistema aberto	42
Tabela 8 – Coeficientes da regressão linear, desvio padrão dos coeficientes, valores de t e estatística p para o Sistema Fechado	43
Tabela 9 - Coeficientes da regressão linear, desvio padrão dos coeficientes, valores de t e estatística p para o Sistema Aberto.....	44
Tabela 10 - Estatística de regressão para os Sistemas Fechado e Aberto obtida com o <i>Excel</i> .	44
Tabela 11 - Projeção de plano econômico	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Geral	13
2.2	Específicos	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Albizia e suas características	14
3.2	Resinagem	15
3.3	Propriedades da goma exsudada da <i>Albizia lebbeck</i>	17
3.4	Estado da Arte	18
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
4.1	<i>Albizia</i> e suas aplicações	19
4.2	Os componentes da goma exsudada da <i>Albizia lebbeck</i>	20
4.3	A resinagem	21
4.4	Métodos e técnicas de extração	22
4.4.1	<i>Estriagem</i>	22
4.4.2	<i>Sistema Fechado</i>	24
4.4.3	<i>Sistema Aberto</i>	26
5	METODOLOGIA	27
5.1	Preparo de soluções	29
5.2	<i>Estriagem</i>	30
5.3	<i>Sistema Fechado</i>	31
5.4	<i>Sistema Aberto</i>	32
5.5	Planejamento experimental	33
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6.1	Projeção de plano econômico	45
7	CONCLUSÕES	47
8	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	48
	REFERÊNCIAS	49
	APÊNDICE	54

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Albizia lebbbeck* (L.) Benth é uma planta originária da Ásia Tropical, popularmente conhecida como Albízia, coração-de-negro ou faveiro e pertencente à família *Fabaceae*, subfamília *Mimosoideae* (THANZAMI *et al.*, 2015), que adaptou-se satisfatoriamente bem ao clima brasileiro, em particular, a regiões do Nordeste, como o semiárido paraibano (FARIAS; ABREU; OLIVEIRA; *et al.*, 2018).

Segundo dados do Horto Botânico do Museu Nacional (UFRJ, [s. d.]), é uma árvore que se propaga por sementes que levam cerca de 30 dias para germinarem em local parcialmente sombreado. É bastante útil no melhoramento do solo em regiões degradadas devido à facilidade de fixação do nitrogênio, embora seja preciso cuidado no que diz respeito a sua utilização em reflorestamentos, pois, por conta da facilidade de propagação que possui, pode se tornar invasora. Por isso, é mais comumente utilizada na arborização urbana.

Seu crescimento é considerado rápido e seu cultivo é aconselhado para climas quentes, já que a árvore se adapta razoavelmente bem em diversos tipos de solos e grande parte de seus habitats nativos é caracterizada por extremos climáticos longos. Além disso, pode ser criada a partir de mudas ou mesmo por semeadura direta. Estudos realizados apontam um rápido crescimento da árvore Albízia, em torno de 1m a 1,5m por ano na Nigéria e de 18m ao longo de 10 anos na Índia, onde é plantada como cultura de cobertura em plantações de chá e café (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1979).

A Albízia possui propriedades medicinais diversas, como adstringentes (BESRA *et al.*, 2002), antialérgicas (KUMAR *et al.*, 2007), antiasmáticas e anti-inflamatórias (TRIPATHI; SEN; DAS, 1979), tendo, ainda, atividade antimicrobiana sobre patógenos humanos (SRINIVASAN *et al.*, 2001).

A sua madeira, marrom-escura, é usada em implementos agrícolas, móveis, lâminas, caixas e engradados, piso, construções leves, entre outros, além de ser usada em instrumentos de percussão (MUNDO FLORESTAL, 2013). A goma castanho-avermelhada do seu tronco pode ser utilizada como substituta da goma-arábica (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1979).

O processo de resinagem comumente utilizado no Brasil é realizado em árvores da espécie *Pinus elliottii* e, como afirma Rodrigues (2006), se dá pelo corte em estrias sequenciais na casca do tronco, de modo a expor a interface entre o xilema secundário e o floema, para que

o “ferimento” ative a liberação de resina pelos dutos resiníferos. Essa extração pode ser intensificada com o uso auxiliar de pastas ácidas.

Em relação à *Albizia Lebbeck*, os estudos voltados para composição, extração e intensificação da produção de goma-resina ainda são relativamente escassos, embora venham despertando o interesse de pesquisadores no cenário atual, como Paula, Santana e Rodrigues (2001) e Farias *et al.* (2018). É interessante que se desenvolvam mais pesquisas em relação a técnicas para extração de sua resina, de maneira específica, bem como sobre a composição química da goma, a fim de se obter a melhor indicação para o seu destino na indústria.

Este estudo visa a aplicar e/ou adaptar diferentes técnicas de resinagem já utilizadas em outras espécies arbóreas à espécie *Albizia lebbeck*, a fim de determinar se eles são eficazes para a produção de goma-resina por esta espécie.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Estudar e analisar técnicas para a extração de goma da espécie *Albizia lebbbeck* (L.) Benth.

2.2 Específicos

- Identificar técnicas de extração aplicáveis à *Albizia lebbbeck*;
- Preparar planejamento experimental adequado para aplicar as técnicas de extração às unidades de *Albizia lebbbeck* disponíveis;
- Verificar se as técnicas aplicadas se adaptam satisfatoriamente à *Albizia lebbbeck* e a significância dos fatores analisados para os processos;
- Apontar possíveis melhorias para as técnicas estudadas em relação à *Albizia lebbbeck*.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Embora a atividade resinífera seja bastante comum em diversas espécies arbóreas, estudos acerca dos exsudatos de goma-resina da *Albizia lebbbeck* ainda são raros; pouco se foi estudado sobre sua disponibilidade, utilidade e usos comerciais. Neste tópico, é feita uma breve revisão de trabalhos realizados sobre essa espécie de árvore e sobre técnicas de resinagem.

3.1 Albízia e suas características

Jøker (2000) descreveu a espécie *Albizia lebbbeck* (L.) Benth em vários aspectos. Em relação à taxonomia, a Albízia pertence à família Fabaceae – Mimosoideae. Sua distribuição e habitat são, originalmente, o sudeste asiático e a Austrália, embora ela venha sendo cultivada em outras regiões tropicais, visto que tem bom desenvolvimento em áreas com temperatura média anual entre 20 e 35°C. Segundo esse autor, a árvore cresce bem em solos argilosos férteis e bem drenados, tolera acidez, alcalinidade, solos erodidos e solos alagados, além de ser capaz de fixar nitrogênio e tolerante à seca.

Em seus estudos, Jøker (2000) também destaca o potencial da Albízia como forrageira para regiões semiáridas, por possuir folhas durante grande parte da estação chuvosa e pela digestibilidade dos galhos ser consideravelmente superior à da maioria das árvores forrageiras: a concentração de proteína bruta é em torno de 20% para folhas verdes, 13% em serapilheira e 10% nos galhos; *in vitro*, a digestibilidade é de cerca de 45% para folhas maduras, 70% para folhas jovens e 40% para galhos. As folhas, flores e vagens da espécie caem no chão gradualmente durante a seca e podem servir como pasto, e o sistema radicular superficial torna a Albízia recomendável para o controle de erosão do solo.

Babu, Pandikumar e Ignacimuthu (2009) realizaram um estudo acerca das atividades anti-inflamatórias da *Albizia lebbbeck*. Os pesquisadores expuseram que o extrato etanólico aquoso da casca da *A. lebbbeck* mostrou significativo efeito anti-inflamatório na dose de 400 mg/kg administrada a ratos. Estudo semelhante mostrou que o extrato inibiu a sinalização de histamina em ratos sensibilizados na dose de 200 mg/kg (NURUL *et al.*, 2011). A administração oral de 50 mg/kg de fração rica em saponina do caule da *lebbbeck* por 60 dias para ratos machos levou à diminuição do peso dos testículos, epidídimos, vesícula seminal e próstata ventral, bem como à redução da produção de espermatozoides em 73,04% (GUPTA *et al.*, 2005).

Kokila, Priyadharshini e Sujatha (2013) realizaram uma pesquisa sobre as espécies de *Albizia* em suas propriedades fitofarmacológicas, destacando que elas são promissoras, possuindo várias propriedades terapêuticas, e podem ser mais exploradas farmacologicamente contra várias doenças.

3.2 Resinagem

Um dos trabalhos mais bem-conceituados na área de extração de resina é o que foi realizado por cientistas do *Lake City Research Center* durante cerca de 15 anos e publicado em um manual revisado e editado por Ralph W. Clements em 1974, intitulado “*Modern gum naval stores methods manual*”. O manual apresenta técnicas para se realizar uma eficiente extração de resina de árvores, mais especificamente os pinheiros – que estão entre as espécies mais utilizadas para esse fim. Embora alguns procedimentos já tenham caído em desuso, como a utilização de peças metálicas para aparar a resina (atualmente são usados sacos plásticos), o manual é ainda referência para a implantação da técnica.

Em um artigo da revista *Silvicultura*, contido nos anais do 4º Congresso Florestal Brasileiro, são descritos a produção e o uso de pastas ácidas como intensificadores de produção de resina em árvores *Pinus elliottii* situadas em uma floresta do estado do Paraná. Carneiro (1983) produziu pastas à base de ácido sulfúrico com o intuito de tornar o processo de resinagem menos perigoso para operador. Em seu estudo, ele concluiu que, com a pasta produzida com ácido sulfúrico a 40% sendo aplicada a cada 14 dias, foram obtidos os melhores resultados em relação aos custos e à produção da resina.

Fusatto (2006) testou diferentes pastas intensificadoras na resinagem de *Pinus elliottii*, cinco comerciais e uma pasta teste com Paraquat, *ethephon*, farelo de arroz e água. Algumas das pastas comerciais continham ácido sulfúrico em concentrações entre 20 e 50% e outras, cerca de 5% de *ethephon* (ácido (2-cloroetil) fosfônico), um produto sintético precursor do etileno (hormônio produzido pelas plantas), comercialmente apresentado como Ethrel (AGRO BAYER, [s. d.]).

As pastas contendo *ethephon* não apresentaram vantagens significativas em relação às pastas sem *ethephon*, mesmo sendo expressivamente mais caras (FUSATTO, 2006). A pasta teste utilizada pelo autor mostrou-se ineficiente, entretanto, os experimentos de modo geral mostraram relação direta do aumento de produção de resina com maiores temperaturas ambientes.

Capitani (1982) apresentou o resultado de cinco coletas de resina em uma outra variedade do gênero *Pinus*, utilizando dois tipos de intensificadores: pasta ácida e mistura Ethrel/ácido sulfúrico. O autor constatou que a pasta ácida proporcionou um resultado melhor que o da mistura, quando aplicada em duas faces.

Confirmando a relação entre a produtividade e a temperatura, estudos realizados por Rodrigues (2006), para investigar a produção sazonal de resina por *Pinus elliottii*, mostraram que o seu melhor desempenho se dá em estações mais quentes e solos relativamente pobres, embora a produção de inverno tenha sido considerada significativa.

Zanotelli e Jasper (2009) aplicaram uma adaptação desse método de extração com o intuito de verificar a sua adequação em áreas já consolidadas de *Pinus elliottii* com uma pasta ácida em torno de 20% em concentração de ácido sulfúrico, e observaram que, apesar de a produção de resina ter sido melhor na região litorânea estudada, a qualidade da obtida na propriedade rural foi superior.

Aoki e Cruz (1998) realizaram estudo sobre a resinagem de *Pinus elliottii* em sistema fechado, utilizando garrafas plásticas descartáveis e canos de Policloreto de Vinila (PVC) com sacos plásticos acoplados em furos de uma polegada de diâmetro na base das árvores, localizadas na Floresta de Avaré, do Instituto Florestal de São Paulo. Constataram que o cano PVC com saco plástico se mostrou mais viável que a garrafa plástica pela facilidade de obtenção e que o sistema fechado apresentou vantagens em relação ao convencional por proporcionar a obtenção de resina isenta de impurezas, redução de mão-de-obra e o provável aumento da longevidade da árvore para extração.

Lakshkumar (2014) estudou a extração e purificação da goma exsudada da *Acacia nilotica*. A extração foi realizada no acampamento Khadiya, Departamento Florestal de Junagadh, na Índia. Incisões foram feitas nos troncos das árvores, utilizando instrumentos cortantes. Foram analisados diferentes diâmetros de tronco, bem como a altura da incisão e aplicação de solução de ácido sulfúrico como intensificadora da produção. A goma foi colhida cinco semanas após a data em que foi feita a incisão, e o objetivo foi medir quais experimentos produziram a maior quantidade de goma. A etapa analítica foi realizada no departamento de engenharia de alimentos e processos da Faculdade de Engenharia e Tecnologia Agrícola da Universidade Agrícola de Junagadh, a fim de analisar parâmetros quantitativos da goma, como umidade, teor de cinzas, pH, teor de nitrogênio e proteínas, entre outros.

Vasishth e Guleria (2017) conduziram um estudo sobre a goma arábica extraída da *Senegalia senegal*, utilizando dois tipos de extração: perfuração e corte em forma de “V”. Na

perfuração, foram feitos furos de 5cm de profundidade por 1,5cm de diâmetro a cerca de 1m acima do solo no tronco das árvores. Os cortes em “V” foram feitos com 1,25cm de profundidade, 3-4cm de largura e 6cm de comprimento para cada lado do “V”. Foram usados *ethephon* e ácido sulfúrico em diferentes concentrações, a goma foi coletada 15 dias após a aplicação dos estimulantes e, após a primeira coleta, foram realizadas novas coletas a cada 10 dias. Segundo os autores, o método de perfuração apresentou os melhores resultados e o mínimo de agressão às árvores.

Ferreira (2001) analisou economicamente o setor brasileiro de produtos resinosos em busca de avaliar os processos produtivos e a comercialização da goma-resina. Constatou que o setor apresentava um crescimento significativo ao longo dos anos, a ponto de suprir o mercado interno e começar a ter condições de entrar no mercado mundial, liderado pela China.

3.3 Propriedades da goma exsudada da *Albizia lebeck*

Anderson e Morrison (1990), em seus estudos, caracterizaram gomas de sete espécies de *Albizia*, visto que os exsudatos desse gênero não estão incluídos em nenhuma das listas regulamentares de aditivos alimentares permitidos. Os autores buscaram, no artigo, expor dados analíticos que permitem a identificação da goma e são, portanto, necessários para possibilitar que o cumprimento da legislação alimentar seja monitorado. Foi coletada goma de *Albizia anthelmintica* Brongn na república do Sudão, e amostras de goma das espécies *Albizia harveyi* Fourn. *A. forbesii* Benin., *A. amara* (Roxb.) Boivin, *A. lebeck* (L.) Benth., *A. saman* (Jacq.) F. Muell. e *A. adianthifolia* (Schum.) W. Wight foram obtidas por cortesia do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Ultramarino de Londres. Dessas amostras, as quatro primeiras foram coletadas na Tanzânia e as duas últimas, na Nigéria.

Como resultado das análises de composição de açúcar após hidrólise das amostras, Anderson e Morrison (1990) obtiveram os seguintes resultados para a *Albizia lebeck*: 5% de ácido glucurônico, 55% de galactose, 6% de manose, 21% de arabinose e 9% de ramnose.

Seis espécimes venezuelanas de *A. lebeck* foram analisadas por Martínez *et al.* (1996). Amostras de goma, de cor amarelo-claro, foram coletadas em 1983, após duas semanas de uma incisão feita no nível do tronco, no município de Maracaibo, estado de Zulia, Venezuela. Os exsudatos foram purificados, e os métodos analíticos aplicados às amostras indicaram a presença, em média, de 52% de Galactose, 30% de Arabinose e 4% de Manose em sua goma, além de 15% traços de ácidos urônicos.

Estudos relevantes sobre a goma da *Albizia lebeck* no Brasil foram publicados por Paula, Santana e Rodrigues (2001). A goma foi coletada de árvores localizadas em Fortaleza - Ceará em 1996 e, após processos de purificação, encontraram-se propriedades semelhantes às da goma acácia no exsudado, como já descrito na literatura. A análise da goma por cromatografia indicou a presença de, em média, de 52% de galactose, 36% de arabinose, menos de 2% de ramnose e 10,5% de ácidos urônicos.

3.4 Estado da Arte

Silva, Fenandes e Lopes (2019) analisaram a taxonomia do gênero *Albizia* no estado do Mato Grosso, Brasil. Foram apresentadas chaves de identificação para as sete espécies que ocorrem no estado: *A. decandra*, *A. duckeana*, *A. inundata*, *A. niopoides*, *A. pedicellaris*, *A. subdimidiata* e *A. lebeck*. Em relação a esta última foram descritas as seguintes características: “1. Pinas 1-4 pares; 2. Foliólulos 11-21 mm de largura; frutos do tipo legume, largos, 2,5-4,5 cm de largura.” (SILVA; FERNANDES; LOPES, 2019).

Em seu boletim informativo de agosto 2018, a Associação dos Resinadores do Brasil (ARESB) expôs detalhes sobre técnica de resinagem em sistema fechado, aplicada na Estação Experimental de Itapetininga, que se utiliza de perfuração com cerca de uma polegada de diâmetro, levemente inclinada para baixo, de modo a facilitar o escoamento da resina. Nesse processo, foram usadas pastas de base ácida como intensificadoras da produção. O sistema fechado consiste em um saco plástico acoplado a um cano (PVC ou tubetes de viveiro) por meio de abraçadeiras de plástico e fitas adesivas. O cano é introduzido na perfuração feita na árvore, de modo que toda a resina escoada da árvore fique armazenada no saco plástico. O boletim informativo enfatizou que os resultados prévios da aplicação dessa técnica vinham sendo muito satisfatórios (MONTEIRO; CUNNINGHAN; MONTEIRO, 2018)

Farias *et al.* (2018) caracterizaram físico-quimicamente a goma da *Albícia lebeck* plantadas no semiárido paraibano. Os resultados obtidos foram em torno de 11,5% de umidade, 95% de Carbono Orgânico e 1,1 g/cm³ de densidade. A goma foi considerada pouco viscosa, o que, segundo os autores, indica que a goma dessa espécie poderia ser uma alternativa de substituição à goma arábica, podendo reduzir os gastos com a importação desta.

De um modo geral, os estudos realizados sobre a composição da goma da Albícia, embora ainda poucos, apresentam uma constatação em comum, que é sua forte semelhança com a goma extraída de árvores do gênero *Acacia*.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É possível, por meio de procedimento adequado, extrair-se goma da *Albizia lebbbeck*, e o exsudato, de acordo com alguns estudos, possivelmente pode ser aplicado em escala industrial como substituto da goma arábica devido às semelhanças estrutural e química (FARIAS *et al.*, 2018).

A goma arábica ou acácia é o polímero que se obtém do exsudato de algumas espécies de Acácia. Em sua composição constam, essencialmente, ácido D-glucurônico, D-galactose, L-arabinose, L-ramnose e por volta de 5% de proteína (SHAHIDI; HAN, 1993). Ela está incluída no catálogo de ingredientes-bases para produções farmacêuticas, podendo ser utilizada na preparação de emulsões, suspensões, como ligante na produção de comprimidos convencionais e, ainda, como aderente na fabricação de drágeas (GABAS; CAVALCANTI, 2003).

Além da indústria farmacêutica, a goma acácia também está presente na alimentícia, atuando na prevenção da cristalização do açúcar em caramelos, na dissolução de essências cítricas nos refrigerantes e, ainda, como agente na encapsulação de óleos e aromatizantes utilizados em misturas em pó para bebidas e no aprimoramento da textura de sorvetes (FANI, 2015).

Em 2019, a nível mundial, foram exportadas cerca de 160 mil toneladas de goma arábica, com o Sudão e a França como maiores exportadores. No Brasil, a taxa de importação da goma arábica para o mesmo ano foi de aproximadamente 1.200 toneladas, a grande maioria originária da França, com um custo de quase US\$ 3,6 milhões para o país (TRADE MAP, 2019).

Os dados de exportação e importação mencionados confirmam a importância de estudos acerca da utilização da goma da *Albizia* em substituição à goma arábica e da análise e desenvolvimento dos melhores métodos de extração, caracterização e purificação da goma-resina a fim de propor meios que possibilitem sua produção e utilização em escala industrial no território brasileiro.

4.1 *Albizia* e suas aplicações

O gênero *Albizia* compreende cerca de 150 espécies, a maioria árvores e arbustos tropicais e subtropicais de rápido crescimento. Estudos em torno da composição fitoquímica em espécies de *Albizia* mostraram presença de metabólitos secundários como saponinas.

Saponinas têm natureza glicosídica, que está relacionada a resíduos de açúcar, geralmente compostos de D-glicose, L-ramnose, D-galactose, ácido D-glucurônico, L-arabinose, D-xilose ou D-fucose, e são amplamente utilizadas na indústria farmacêutica (SINGAB *et al.*, 2015).

Em relação à espécie *Albizia lebbbeck*, praticamente todas as partes da árvore são usadas na composição de remédios populares para tumores abdominais, furúnculos, tosse, doenças oculares, gripe e doenças pulmonares, e o óleo da semente é usado para a hanseníase e inchaços (GUPTA; SIBER, 1995). De acordo com Nurul *et al.* (2011), índios usam as flores da Albízia para espermatorreia, flores essas que têm ação adstringente, rejuvenescedora e tônica. A casca de seu tronco tem sido usada no tratamento da asma há mais de dois mil anos, e a sua decocção também protege contra outras doenças respiratórias e/ou alérgicas.

Assim como as acácias, as árvores de *Albizia* exsudam uma goma-resina solúvel em água se o tronco estiver danificado, goma esta que pode ser usada comercialmente, o que merece maior atenção de pesquisadores (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1979).

4.2 Os componentes da goma exsudada da *Albizia lebbbeck*

A goma-resina produzida pela Albízia é rica em açúcares especiais, como galactose, arabinose, manose e ramnose, além de ácido glucurônico (ANDERSON; MORRISON, 1990; MARTÍNEZ *et al.*, 1996; PAULA; SANTANA; RODRIGUES, 2001). A seguir, são descritas as principais características desses componentes.

A galactose é uma aldo-hexose que ocorre de forma natural “D” na lactose (D-lactose). É um nutriente que fornece energia e um substrato básico necessário para a biossíntese de muitas macromoléculas no corpo. É encontrada no leite de mamíferos e em algumas frutas e vegetais (DECS, 2019b).

A arabinose é um açúcar de cinco carbonos encontrado amplamente na natureza (BETTER, 1999). Encontrada naturalmente em sua forma “L”, essa aldopentose é um agente aromatizante presente em muitos alimentos, como linhaça e pêssego (FOODB, 2019).

A manose é um carboidrato que, quando presente em oligossacarídeos em alto teor, contribui para o controle da qualidade das proteínas (HUMAN METABOLOME DATABASE, 2020). Proteínas ligantes de carboidratos com a presença de manose atuam contra patógenos (SILVA, 2008).

A ramnose é um açúcar classificado como metil-pentose e ocorre na natureza em sua forma “L” e é comumente ligada a outros açúcares (HUMAN METABOLOME DATABASE,

2019). Tem ação sobre proliferação de células, biossíntese de colágeno e elastina, limpeza de radicais livres, entre outras propriedades (STEGLICH, 2017).

O ácido glucurônico é um ácido de açúcar formado pela oxidação do carbono C6 da glucose, que auxilia na desintoxicação de certos medicamentos e toxinas ao se conjugar a eles, transformando-os em compostos mais hidrossolúveis que podem ser eliminados pela urina ou bile (DECS, 2019a).

4.3 A resinagem

A resina é utilizada, desde os tempos mais remotos, para fins medicinais, produção de adesivos, tintas e solventes, além de como matéria-prima em indústrias. De origem vegetal em sua totalidade, as resinas naturais são encontradas em órgãos ou tecidos de plantas, apesar de serem produzidas, geralmente, nos canais intercelulares. Sua composição é bastante complexa, e de acordo com ela e suas características físicas, as resinas podem ser classificadas em: verdadeiras, gomas-resinas, oleorresinas ou bálsamos (KRONKA; BERTOLANI; PONCE, 2005).

Kronka, Bertolani e Ponce (2005) caracterizam as gomas-resinas como misturas naturais de goma e resina, solúveis em água e podendo conter óleo essencial em sua composição ou não. Essa classificação é a que mais se adequa ao exsudato da Albízia. Os autores usam uma terminologia espanhola que define resina como o conteúdo dos canais resiníferos.

A extração de maneira não natural de exsudatos como a goma-resina se dá por cortes feitos no tronco da árvore. Compostos químicos podem ser usados para intensificar a exsudação pela planta, impedido que o canal resinífero da planta se feche, de modo que esta produz a resina por um tempo mais prolongado. O ácido sulfúrico é usado como intensificador desde o início da exploração resinífera no Brasil, conforme afirma Fusatto (2006), embora a procura de diversificadas formulações de pastas intensificadoras seja contínua.

Atualmente, um dos estimulantes mais comumente usados é o ácido 2-cloretilfosfônico, popularmente denominado *ethephon*. Este ácido pode ser obtido comercialmente em lojas de produtos agropecuários. Ele é convertido em etileno, que é um hormônio produzido pela planta, ao entrar em contato com o tecido vegetal. É o aumento de etileno que gera efeitos nos seus processos fisiológicos e auxilia na intensificação da produção de resina (ZUÑIGA, 2013).

A aplicação de intensificadores como os citados acima já foi amplamente explorada e estudada para diversos tipos de gêneros e suas respectivas espécies, como pinheiros e

seringueiras. Portanto, experimentos que visem a avaliar o emprego dessa técnica de exsudação na espécie *Albizia lebbek* podem ser promissores, ajudando no desenvolvimento socioeconômico de regiões semiáridas nordestinas.

4.4 Métodos e técnicas de extração

Os métodos para extração de resina empregados no mundo inteiro possuem pontos semelhantes e divergentes entre si. Eles se assemelham quanto ao processo de incisão nos caules das árvores, mas se distinguem quanto ao tipo de corte ou furo e uso de intensificadores, por exemplo.

4.4.1 Estriagem

De acordo com Clements (1974), antes de iniciar o processo de estriagem propriamente dito, o primeiro passo é determinar as árvores que provavelmente produzirão mais resina, a partir de suas características externas: espécies com copas largas produzem mais, bem como as com maiores diâmetros de tronco à altura do peito (DAP).

O método de estriagem consiste na remoção da casca do caule da árvore, com auxílio de um estriador, fazendo movimentos horizontais que deixam fissuras em formato de estrias no tronco, onde a resina flui a partir dos canais resiníferos, até que a sua cristalização pelo contato com o ar obstrua os extremos dos canais, sendo necessário repetir todo o processo para reabri-los. O uso de pastas ácidas pode retardar o processo de cristalização, fazendo com que a resina flua por mais tempo. A resina que escorre é armazenada em sacos plásticos amarrados ao tronco da árvore (FUSATTO, 2006). A Figura 1 ilustra como é feito o procedimento de estriagem.

Figura 1 – Realização da estria no painel aberto da árvore de Pinus usando estriador.



Fonte: Fusatto (2006)

Ferreira (2001) afirma que as técnicas de estriagem divergem entre si, geralmente, quanto ao intervalo de tempo médio entre a abertura das estrias, ao número de faces, ao uso ou não de estimulantes, entre outros. Ainda há diferenças relacionadas à sazonalidade, embora a mesma técnica seja aplicada em países diversos, possuindo, apenas, diferente denominação. A seguir, são listados alguns exemplos dados pelo autor.

- **Clássico** (ou resinagem “à vida”) - exploração de uma face de resinagem com estrias abertas em intervalos de 15 dias e utilização de estimulante ácido.
- **Clássico mexicano** – abertura das estrias com intervalos entre 8 e 15 dias, e utilização de pasta ácida com concentrações de 4 a 12% de ácido sulfúrico (Porras e Prado 1981, *apud* Baena, 1994).
- **Clássico americano** – abertura das estrias com intervalos de 14 dias, estrias de 2 cm de altura, comprimento igual ao DAP e aplicação de estimulante químico com concentração de 40% de ácido sulfúrico (Clements e Gurgel, 1970).
- **Intensivo** (ou resinagem “à morte”) - resinagem de duas faces simultaneamente com intervalos de abertura das estrias de 15 dias, ou resinagem de uma face com intervalos de 8 a 10 dias.
- **Francês** – abertura das estrias em intervalos de 8 dias e não utilização de pasta ácida.

No Brasil, o método mais aplicado, especialmente em resinagem de coníferas, é o clássico americano, respeitando-se os intervalos de 14 dias para abertura das estrias nos troncos das árvores e utilizando intensificadores químicos de base ácida para aumentar a produção de resina (FUSATTO, 2006). Outros trabalhos e pesquisas com diversos tipos de plantas utilizam-se dessa técnica, podendo haver adaptações, como é o caso da extração de resina com estimulantes químicos em cajueiros (LIMA *et al.*, 2001).

Figura 2 – Planta já equipada com os instrumentos de coleta do látex.



Fonte: Lima *et al.* (2001)

Pode-se citar, em comparativo, o método de sangria de seringueiras, em que é feita uma estria diagonal, de modo que o látex escorra diretamente para o sistema de coleta previamente

montado. Em seu Guia Prático para o Seringueiro, Souza (2013) descreve expressões próprias usadas, como: s/2 d3 6d/7 ET 3,3% Pa 6/y (*apud* Bernardes, 2000), que significa que o tronco da planta é dividido ao meio (s/2) e sangrado a cada três dias (d3), as sangrias são feitas em seis dias da semana (6d/7), com um dia de descanso, e estimuladas com ethrel a 3,3% (ET 3,3%), aplicado sobre o painel acima da canaleta de sangria (Pa), realizada seis meses no ano (6/y). Na Figura 2 é mostrado o sistema de sangria de seringueiras em execução.

4.4.2 Sistema Fechado

O chamado sistema fechado para extração de resina surgiu como uma forma de substituir os métodos convencionais, visto que a produção poderia ser restringida em função da não reposição florestal de pinus resineiro e da aplicação de técnicas inadequadas (AOKI; CRUZ, 1998). Esse método consiste em coletar a goma-resina em garrafas plásticas descartáveis (Figura 3) ou canos de PVC com sacos plásticos acoplados (Figura 4), com furos feitos nos caules das árvores e se sobressai em relação ao convencional pelo alto rendimento, melhor qualidade do produto e redução de danos às árvores e diminuição de ataque de insetos (AOKI; CRUZ, 1998).

Figura 3 – Sistema fechado com garrafas plásticas descartáveis.



Fonte: Aoki e Cruz (1998)

Os resultados dos estudos acerca da implantação desse sistema no Brasil têm se mostrado positivos, mas ainda são esperadas mais respostas para se poder afirmar com garantia que a técnica é eficaz: “aguardamos que em breve possamos ter as respostas para seguramente preconizar o uso desta inovação tecnológica e então (...) um manual estará à disposição dos resinadores” (MONTEIRO; CUNNINGHAN; MONTEIRO, 2018).

Figura 4 – Sistema fechado com cano PVC e saco plástico.



Fonte: Monteiro, Cunningham e Monteiro (2018)

A Copaíba, árvore comum na região Norte do Brasil, produz uma oleorresina que tem propriedades medicinais. O método atualmente aplicado para extração do óleo de copaíba é semelhante ao sistema fechado. As espécies do gênero *Copaifera* spp. têm seus troncos perfurados em duas regiões, uma a um metro da base e outra a um metro e meio do primeiro furo, e canos de PVC são inserido nos orifícios, por onde o óleo escoar e, então, é reservado (ALENCAR, 1982; OLIVEIRA; LAMEIRA; ZOGHBI, 2006; RAMOS, 2006; RIGAMONTE-AZEVEDO; WADT; WADT, 2006; VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002).

A seiva de Jatobá, utilizada como energético e afrodisíaco, é extraída de maneira análoga à do óleo de Copaíba: é aberto um orifício no tronco com auxílio de um trado e, nesse orifício, é introduzido um cano de PVC rosqueado em ambas extremidades, uma para prendê-lo ao tronco e a outra para fixar uma mangueira que foi previamente ligada ao cano. A coleta da seiva é feita pela conexão de cano e mangueira acoplada à abertura de uma vasilha, como mostra a Figura 5 (ALECHANDRE *et al.*, 2011).

Figura 5 – Extrativistas fazendo coleta de seiva de Jatobá com cano de PVC e mangueira.



Fonte: Alechandre *et al.* (2011)

4.4.3 Sistema Aberto

Foram aqui considerados como sistemas abertos, métodos que não buscam impedir a ação do ar atmosférico sobre a resina exsudada, exceto a técnica de estriagem – que tem classificação própria.

As técnicas compreendidas em sistemas abertos consistem em incisões das mais variadas formas nos troncos das árvores, como furos e cortes em V feitos por Vasisht e Guleria (2017) ou os cortes sem padrão definido realizados em plantação de *Acacia nilotica* na Índia e estudados por Lakshkumar (2014), em que se podem aplicar soluções ácidas como estimulantes de produção. As perfurações e cortes são deixadas expostas e a coleta da resina é feita a intervalos regulares.

Neste trabalho, estão sendo analisados diferentes métodos de extração, com algumas adaptações, a fim de definir se eles se aplicam à espécie *Albizia lebbeck*.

5 METODOLOGIA

Os experimentos foram conduzidos em quatro árvores de *Albizia lebbbeck* localizadas no Campus sede da Universidade Federal de Campina Grande. As árvores foram georreferenciadas com o auxílio de um equipamento GPS portátil Garmin® modelo *etrex*, com precisão de 3 m (Figura 6).

Figura 6 - GPS portátil utilizado para georreferenciar as árvores



As localizações, obtidas em coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*), foram convertidas para coordenadas geográficas (grau, minuto e segundo) e descritas a seguir:

- Árvore 1 (Figura 7-a): 7°12'49.30" S
35°54'28.09" O
- Árvore 2 (Figura 7-b): 7°12'49.23" S
35°54'28.65" O
- Árvore 3 (Figura 7-c): 7°12'49.09" S
35°54'29.39" O
- Árvore 4 (Figura 7-d): 7°12'48.70" S
35°54'29.46" O

Figura 7 - Árvores em que foram realizados os experimentos



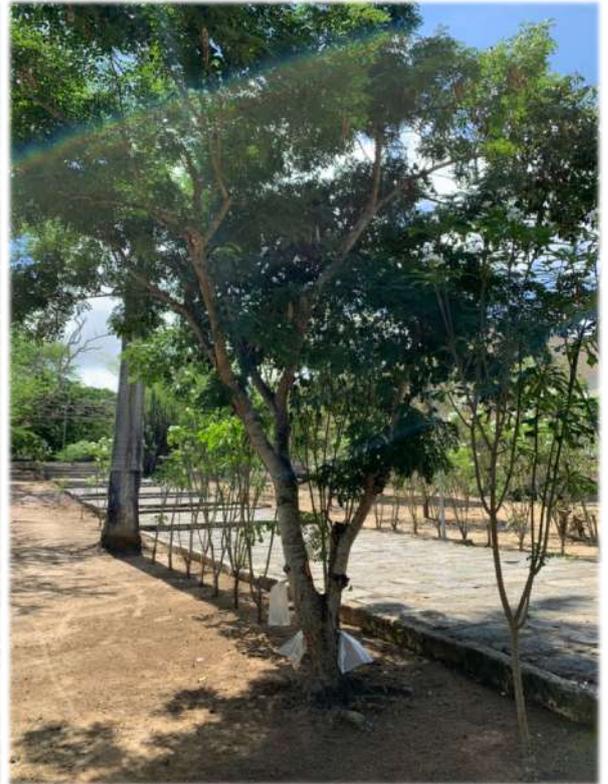
(a) Árvore 1



(b) Árvore 2



(c) Árvore 3



(d) Árvore 4

Figura 8 – Localização das árvores 1, 2, 3 e 4



As árvores estão dispostas como ilustrado na Figura 8. Por estarem perto uma das outras, atribuiu-se que estão expostas às mesmas condições climáticas e de solo. Elas só recebem irrigação natural (chuva) e estão totalmente expostas ao sol, em ambiente aberto, com solo seco, além de não receberem tratamento contra pestes e pragas e, por isso, sofrerem ação da biodiversidade, como cupins e plantas daninhas.

Para a análise dos dados coletados ao final dos experimentos, foi utilizado o software Minitab® 18.

5.1 Preparo de soluções

Um dos fatores analisados nos experimentos foi a ação do ácido sulfúrico (H_2SO_4) como intensificador da produção de goma.

Foram preparadas soluções a 3,01 mol/L (25% g/g), e 7,14 mol/L (50% g/g) diluindo-se o H_2SO_4 P. A. (98% g/g). Os cálculos realizados para as diluições encontram-se no APÊNDICE A.

Para o preparo das soluções foram utilizados:

- 1) Água destilada
- 2) Balões volumétricos de 200 mL;
- 3) Becker de 1 L;

- 4) Becker de 250 mL;
- 5) Funil de vidro;
- 6) Gelo
- 7) H₂SO₄ P.A.;
- 8) Pipetador manual tipo “pera”.
- 9) Pipetas;
- 10) Pisseta;
- 11) Provetas;

Inicialmente foram adicionados 100 mL de água destilada a um balão volumétrico colocado em um Becker de 1 L contendo água com gelo para amenizar o aquecimento da solução.

O volume necessário de ácido foi pipetado em um Becker de 250 mL e transportado para uma proveta e, então adicionado lentamente ao balão com água destilada, para controlar o aumento da temperatura. O procedimento foi feito com auxílio de um funil de vidro.

Em seguida, completou-se o volume da solução com água destilada e vedou-se o balão volumétrico para aguardar o resfriamento da solução.

Quando a solução atingiu a temperatura ambiente, corrigiu-se o volume com água destilada e armazenou-se a solução em um frasco de vidro escuro.

O procedimento foi realizado em capela de exaustão e foi repetido para ambas as soluções preparadas.

5.2 Estriagem

A primeira técnica testada nas árvores foi a de estriagem. Realizou-se uma incisão como teste na Árvore 1. Foram utilizados um estriador de fabricação própria para abrir as estrias, cortes feitos horizontalmente e sequenciais de cima para baixo, com altura de 1cm e 5cm de comprimento, no caule. Em seguida, colocou-se um saco plástico preso por arames ao redor do tronco para armazenar a goma.

Esse método, porém, não se mostrou viável – a goma exsudada cristalizou antes de escorrer para o saco – e foi descartado. As demais técnicas estudadas, os sistemas aberto e fechado, mostraram-se promissoras e, por isso, serão descritas mais detalhadamente a seguir.

5.3 Sistema Fechado

Inicialmente, para constituir os sistemas fechados, utilizaram-se tubos de *metalon* galvanizado com 5cm de diâmetro e 2mm de espessura, em substituição aos canos de PVC. Os tubos foram cortados em pedaços de 8cm de comprimento. Em um dos lados foi feita uma seção diagonal e com cortes de modo a deixar essa lateral com “dentes” para melhor fixação no tronco das árvores, conforme mostra a Figura 11-a.

Os tubos foram etiquetados de acordo com o experimento correspondente e, na extremidade lisa de cada um, foi colada uma faixa de fita adesiva dupla face do tipo fixa forte (Figura 11-b). As árvores foram perfuradas em seu tronco com auxílio de uma furadeira automática *Black & Decker*® 9,6V (Figura 11-c) e uma broca para perfuração de madeira com 2cm de diâmetro (Figura 11-d). Após a perfuração, cuja profundidade foi de 2cm, foram borrifadas as soluções de ácido sulfúrico preparadas (Figura 11-e), de acordo com o planejamento experimental, que será descrito adiante.

Os tubos foram fixados nas árvores ao redor de cada perfuração, com auxílio de uma marreta (Figura 11-f), para armazenar a goma exsudada. Na extremidade com a dupla face, foram colados plásticos transparentes com 10cm² de área e 0,3mm de espessura (Figura 11-g), envoltos por abraçadeiras de plástico (Figura 11-h). Os sistemas foram vedados com adesivo de silicone transparente (Figura 11-i) para evitar a passagem de ar.

Figura 9 - Material utilizado para montagem dos sistemas fechados



A Figura 12 apresenta exemplos dos sistemas fechados montados nas árvores.

Figura 10 - Exemplos de sistemas fechados finalizados



(a) Experimento 3

(b) Experimento 4

(c) Experimento 5



(d) Experimento 7

(e) Experimento 15

5.4 Sistema Aberto

Para os sistemas abertos, foram feitos cortes no tronco, em formato de “V”, com cerca de 7 a 8cm de largura e 6cm de comprimento para cada lado do “V”. Os cortes foram abertos com um facão (Figura 13-a) e moldados com auxílio de uma talhadeira (Figura 13-b) e uma marreta (Figura 11-f). Depois de abertos os cortes, foram borrifadas neles as soluções de ácido sulfúrico preparadas (Figura 11-e) de acordo com o planejamento experimental que será especificado no próximo tópico. Imagens dos Sistemas Abertos são apresentadas na Figura 14.

Figura 11 - Material utilizado para a montagem dos sistemas abertos



(a) Facão

(b) Talhadeira

Figura 12 - Exemplos de sistemas abertos finalizados



(a) Experimento 21

(b) Experimento 22

(c) Experimento 23



(d) Experimento 29

(e) Experimento 30

5.5 Planejamento experimental

Devido ao pequeno número de exemplares da espécie disponíveis, foi preciso adaptar os fatores e níveis para se adequar à realidade da pesquisa. Optou-se pelo Planejamento Box-Behnken, que usa três níveis para cada fator, não tem pontos de vértice e, por isso, é preferido quando há restrições físicas ou econômicas. Nesse planejamento, uma das variáveis é fixada em zero e executa-se um fatorial 2^2 com as outras duas variáveis. (PORTAL ACTION, [s. d.]).

O delineamento Box-Behnken requer um número de experimentos de acordo com a Equação 1, apresentada por Souza, Santos e Ferreira (2005):

$$N = k^2 - k + c_p \quad (1)$$

; em que k é o número de fatores e c_p é o número de réplicas do ponto central.

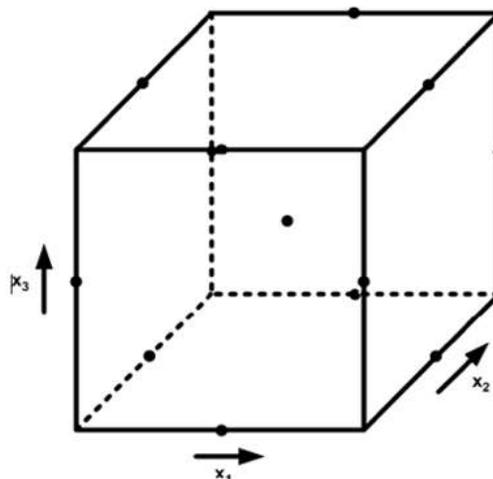
Um experimento de Box-Behnken com três fatores (X_1 , X_2 e X_3) e quatro réplicas no ponto central pode ser representado conforme a Tabela 1 e a Figura 15.

Tabela 1 - Descrição de um experimento de Box-Behnken com três fatores

X_1	X_2	X_3
-1	-1	0
1	-1	0
-1	1	0
1	1	0
-1	0	-1
1	0	-1
-1	0	1
1	0	1
0	-1	-1
0	1	-1
0	-1	1
0	1	1
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0

Fonte: Portal Action, 2020.

Figura 13 - Experimento de Box-Behnken com $k=3$



Fonte: Portal Action, [s. d.]

Tomando como base o trabalho de Lakshkumar (2014), foram escolhidos como fatores o diâmetro dos troncos das árvores, a altura das incisões em relação ao solo e a concentração da solução ácida aplicada, conforme especificado na Tabela 2.

Tabela 2 - Delineamento fatorial

Planejamento box-behnken			
Fatores	Níveis		
	Baixo	Central	Alto
Diâmetro do tronco (cm)	≤ 15	> 15 e ≤ 20	> 20
Altura das incisões em relação ao solo (cm)	≤ 60	> 60 e ≤ 120	> 120
Concentração de ácido sulfúrico (%)	0	25	50

Para determinar os diâmetros dos troncos, foram feitas medidas do comprimento da circunferência em três alturas diferentes, com auxílio de uma fita métrica, das quais extraiu-se a média aritmética, utilizada para calcular o diâmetro pela seguinte expressão:

$$D = \frac{C}{\pi} \quad (2)$$

; em que D é o diâmetro e C é a média aritmética dos comprimentos de circunferência, medidos ambos em centímetros. Os diâmetros obtidos foram de, aproximadamente, 20cm, 22cm, 15cm e 18cm, respectivamente, para as árvores 1, 2, 3, e 4.

Outro fator levado em consideração foi a altura das perfurações e cortes em relação ao solo, medidas com uma régua tipo metro articulado. O terceiro fator, a concentração de ácido sulfúrico, variou entre a não aplicação ou zero (nível baixo), 25% (nível médio) e 50% (nível alto).

Foi feito um planejamento para cada tipo de sistema testado, a fim de comparar a eficiência de ambos ao final. As Tabelas 3 e 4, construídas com base na Tabela 1, apresentam o detalhamento dos experimentos para cada sistema. Os ensaios foram executados no mês de março de 2020.

Tabela 3 - Detalhamento dos experimentos para o sistema fechado

Ensaio	Diâmetro (cm)	Altura do furo (cm)	Concentração de H ₂ SO ₄ (%)
1	≤ 15	≤ 60	25
2	> 20	≤ 60	25
3	≤ 15	> 120	25
4	> 20	> 120	25
5	≤ 15	> 60 e ≤ 120	0
6	> 20	> 60 e ≤ 120	0
7	≤ 15	> 60 e ≤ 120	50
8	> 20	> 60 e ≤ 120	50
9	> 15 e ≤ 20	≤ 60	0
10	> 15 e ≤ 20	> 120	0
11	> 15 e ≤ 20	≤ 60	50
12	> 15 e ≤ 20	> 120	50
13	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25
14	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25
15	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25
16	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25

Tabela 4 - Detalhamento dos experimentos para o sistema aberto

Ensaio	Diâmetro (cm)	Altura do corte (cm)	Concentração de H ₂ SO ₄ (%)
17	≤ 15	≤ 60	25
18	> 20	≤ 60	25
19	≤ 15	> 120	25
20	> 20	> 120	25
21	≤ 15	> 60 e ≤ 120	0
22	> 20	> 60 e ≤ 120	0
23	≤ 15	> 60 e ≤ 120	50
24	> 20	> 60 e ≤ 120	50
25	> 15 e ≤ 20	≤ 60	0
26	> 15 e ≤ 20	> 120	0
27	> 15 e ≤ 20	≤ 60	50
28	> 15 e ≤ 20	> 120	50
29	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25
30	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25
31	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25
32	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25

Os planejamentos foram criados utilizando o *software* Minitab® 18, conforme mostram os Quadros 1 e 2, a seguir:

Quadro 1 - Experimento Box-Behnken para o Sistema Fechado

Experimento Box-Behnken - Sistema Fechado			
Resumo do experimento			
Fatores:	3	Réplicas:	1
Ensaio	16	Total de	16
base:		ensaio:	
Pontos centrais: 4			
Tabela do Experimento (aleatorizado)			
Corrida	A	B	C
1	0	0	0
2	0	-1	1
3	1	-1	0
4	0	0	0
5	-1	0	1
6	1	1	0
7	0	0	0
8	-1	0	-1
9	1	0	-1
10	-1	-1	0
11	1	0	1
12	0	1	-1
13	0	1	1
14	0	0	0
15	0	-1	-1
16	-1	1	0

Quadro 2 - Experimento Box-Behnken para o Sistema Aberto

Experimento Box-Behnken - Sistema Aberto			
Resumo do experimento			
Fatores:	3	Réplicas:	1
Ensaios base:	16	Total de ensaios:	16
Pontos centrais: 4			
Tabela do Experimento (aleatorizado)			
Corrida	A	B	C
17	1	-1	0
18	-1	1	0
19	-1	0	-1
20	0	0	0
21	0	1	-1
22	0	1	1
23	1	0	1
24	1	0	-1
25	0	0	0
26	0	0	0
27	1	1	0
28	0	-1	-1
29	-1	0	1
30	-1	-1	0
31	0	0	0
32	0	-1	1

As corridas foram aleatorizadas pelo Minitab® 18 e distribuídas pelas árvores levando em consideração os diâmetros das árvores disponíveis e de modo que fossem realizados, oito experimentos por árvore, sendo dois no nível baixo, quatro no ponto central e dois no nível alto do fator altura das incisões em relação ao solo. A Tabela 5, na página seguinte, apresenta a descrição dos ensaios realizados por árvore.

Tabela 5 – Realização dos experimentos em ordem aleatorizada pelo Minitab ® 18

Corrida	Ensaio	Árvore
1	15	4
2	11	1
3	2	2
4	14	4
5	7	3
6	4	2
7	13	1
8	5	3
9	6	2
10	1	3
11	8	2
12	10	1
13	12	4
14	16	1
15	9	4
16	3	3
17	18	2
18	19	3
19	21	3
20	32	1
21	26	1
22	28	4
23	24	2
24	22	2
25	31	4
26	30	4
27	20	2
28	25	4
29	23	3
30	17	3
31	29	1
32	27	1

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme mencionado anteriormente, o sistema de estriagem não se adaptou adequadamente à espécie *Albizia lebbbeck*, visto que sua goma, mais semelhante à goma arábica, não tem o mesmo comportamento do exsudato de espécies do gênero *Pinus*. Não se obteve êxito ao tentar armazenar a goma exsudada da forma descrita nesse tipo de extração.

Os sistemas aberto e fechado apresentaram resultados positivos, embora tenham apresentado sérios problemas, que possivelmente afetaram os resultados, provavelmente decorrentes do fato de as árvores em estudo não terem sido plantadas com este fim e, portanto, não terem recebido o tratamento adequado para proporcionar uma maior produção de goma e uma qualidade melhor desta, além de combater pragas e pestes.

Entre os fatores externos que interferiram no processo está a ação de microrganismos, cupins e insetos sobre as árvores. As chuvas ocorridas entre o período de montagem dos sistemas e o de coleta também podem ter interferido nos resultados – em experimentos de sistema fechado, houve acúmulo de água, apesar das medidas tomadas para que esse fato não ocorresse. Ambos os métodos sofreram interferência e, por isso, os resultados podem ter sido afetados. Em alguns experimentos de sistema aberto, não havia presença de goma no dia em que foi feita a coleta, mesmo tendo sido observada a produção na semana anterior.

A coleta foi feita após 15 dias da montagem dos experimentos. A seguir, nas Figuras 16 e 17 são apresentadas imagens de alguns dos sistemas abertos e fechados após 15 dias da abertura dos cortes e furos, em que é possível observar a produção da goma e a interferência de alguns dos fatores externos que podem ter influenciado nos resultados obtidos.

A goma-resina produzida foi coletada em garrafas plásticas de 200 ml, cuja massa foi medida antes e depois da coleta, utilizando uma balança de precisão *Bel Engineering®* - modelo M723, para se obter a massa de goma pela diferença entre as massas das garrafas com e sem a goma. Os resultados das medições são exibidos nas Tabelas 6 e 7.

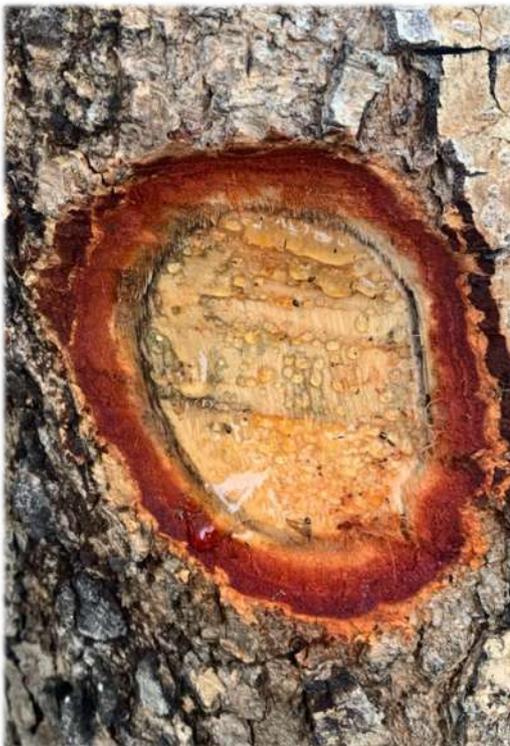
Figura 14 - Sistemas abertos 15 dias após realização dos cortes



(a) Exsudação da goma em sistema aberto de extração



(b) Experimento sofrendo ação de cupim



(c) Presença de microrganismos ao redor do sistema



(d) Presença de microrganismos sobre a goma exsudada

Figura 15 - Sistemas fechados 15 dias após realização das perfurações



(a) Coleta de goma contaminada pela ação de microrganismos

(b) Orifício de sistema fechado com infestação de microrganismos



(c) Infestação de microrganismos impedido o escoamento da goma

Tabela 6 – Resultados obtidos para o Sistema fechado

Ensaio	Diâmetro do tronco (cm)	Altura do furo (cm)	Concentração de H₂SO₄ (%)	Massa de goma coletada (g)
1	≤ 15	≤ 60	25	0,598
2	> 20	≤ 60	25	0
3	≤ 15	> 120	25	0,644
4	> 20	> 120	25	5,745
5	≤ 15	> 60 e ≤ 120	0	0,695
6	> 20	> 60 e ≤ 120	0	3,231
7	≤ 15	> 60 e ≤ 120	50	0,392
8	> 20	> 60 e ≤ 120	50	0,528
9	> 15 e ≤ 20	≤ 60	0	1,875
10	> 15 e ≤ 20	> 120	0	2,649
11	> 15 e ≤ 20	≤ 60	50	0,009
12	> 15 e ≤ 20	> 120	50	3,088
13	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25	7,553
14	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25	3,73
15	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25	0,308
16	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25	0

Tabela 7 – Resultados obtidos para o Sistema aberto

Ensaio	Diâmetro do tronco (cm)	Altura do corte (cm)	Concentração de H₂SO₄ (%)	Massa de goma coletada (g)
17	≤ 15	≤ 60	25	0,132
18	> 20	≤ 60	25	0,437
19	≤ 15	> 120	25	0
20	> 20	> 120	25	0
21	≤ 15	> 60 e ≤ 120	0	0
22	> 20	> 60 e ≤ 120	0	0,486
23	≤ 15	> 60 e ≤ 120	50	0
24	> 20	> 60 e ≤ 120	50	0,544
25	> 15 e ≤ 20	≤ 60	0	2,208
26	> 15 e ≤ 20	> 120	0	0,005
27	> 15 e ≤ 20	≤ 60	50	0
28	> 15 e ≤ 20	> 120	50	0,173
29	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25	0
30	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25	0,436
31	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25	0,169
32	> 15 e ≤ 20	> 60 e ≤ 120	25	0,430

De acordo com os dados das Tabelas 6 e 7, notou-se que, de maneira geral, o sistema fechado obteve uma maior produção que o sistema aberto. Em relação aos fatores, percebeu-se que os experimentos de ponto central apresentaram boa produção em ambos os sistemas, como é possível observar nos ensaios 13, 14, 30 e 32.

Para o sistema fechado, as maiores produções ocorreram nas réplicas dos pontos centrais com os experimentos 13 e 14 – maior e terceira maior produção, respectivamente – e o ensaio

4, com níveis altos de diâmetro do tronco e altura do furo em relação ao solo e nível médio de concentração de ácido sulfúrico, obteve a segunda maior produção.

Em relação ao sistema aberto, as maiores produções se deram nos experimentos 25, 24, 22, nessa ordem, sendo o primeiro com o nível médio do diâmetro do tronco e níveis baixos para os outros dois fatores, o segundo e o terceiro com nível alto para o diâmetro e médio para a altura do corte em relação ao solo, diferindo apenas no último fator, em que foi aplicado o nível alto para o ensaio 24 e o nível baixo para o ensaio 22.

O ensaio 13, do Sistema Fechado, destacou-se entre os demais com a maior massa de goma extraída, 7,553 g, enquanto em oito ensaios não foi possível extrair goma. Entretanto, esses resultados podem estar relacionados à ação da água da chuva, que interferiu em ambos os sistemas, acumulando-se no fechado e ocasionando a perda da goma no aberto, devido à solubilidade desta em água.

As Tabelas 8 e 9 apresentam os coeficientes do modelo matemático, bem como o desvio padrão dos mesmos, seus valores t e p , que indica a significância de cada coeficiente. Como o nível de significância adotado foi de 5%, os coeficientes cuja probabilidade foi menor que 0,05, ou seja, $p > 0,05$, não foram considerados significativos.

Tabela 8 – Coeficientes da regressão linear, desvio padrão dos coeficientes, valores de t e estatística p para o Sistema Fechado

Fatores	Coefficiente	Desvio Padrão	Valor-T	Valor-P
Constante	2,90	1,27	2,28	0,063
X ₁	0,897	0,898	1,00	0,356
X ₂	1,206	0,898	1,34	0,228
X ₃	-0,554	0,898	-0,62	0,560
X ₁ ²	-0,92	1,27	-0,73	0,495
X ₂ ²	-0,23	1,27	-0,18	0,863
X ₃ ²	-0,76	1,27	-0,60	0,569
X ₁ · X ₂	1,42	1,27	1,12	0,305
X ₁ · X ₃	-0,60	1,27	-0,47	0,653
X ₂ · X ₃	0,58	1,27	0,45	0,666

X₁: Diâmetro do tronco; X₂: Altura do furo em relação ao solo; X₃: Concentração de ácido sulfúrico

Tabela 9 - Coeficientes da regressão linear, desvio padrão dos coeficientes, valores de t e estatística p para o Sistema Aberto

Fatores	Coeficiente	Desvio Padrão	Valor-T	Valor-P
Constante	0,259	0,206	1,26	0,256
X ₁	0,167	0,146	1,15	0,296
X ₂	-0,325	0,146	-2,23	0,067
X ₃	-0,248	0,146	-1,70	0,140
X ₁ ²	-0,228	0,206	-1,11	0,311
X ₂ ²	0,111	0,206	0,54	0,609
X ₃ ²	0,227	0,206	1,10	0,314
X ₁ · X ₂	-0,076	0,206	-0,37	0,724
X ₁ · X ₃	0,015	0,206	0,07	0,946
X ₂ · X ₃	0,594	0,206	2,88	0,028

X₁: Diâmetro do tronco; X₂: Altura do corte em relação ao solo; X₃: Concentração de ácido sulfúrico

De acordo com os dados das Tabelas 8 e 9, observa-se que apenas a interação entre a altura do corte e a concentração do ácido no sistema aberto foi considerada estatisticamente significativa. Esses resultados, porém, podem estar relacionados à forte interferência dos fatores externos mencionados anteriormente, o que indica a necessidade de aprimoramento dos métodos de extração estudados.

Tabela 10 - Estatística de regressão para os Sistemas Fechado e Aberto obtida com o Excel

	Estatística de regressão	
	Sistema Fechado	Sistema Aberto
R múltiplo	0,700957244	0,878847
R-Quadrado	0,491341058	0,772372
R-quadrado ajustado	-0,271647356	0,43093
Erro padrão	2,538633441	0,412001
Observações	16	16

As análises de variância forneceram, como mostra a Tabela 10, um valor de $R^2 < 0,5$ e o coeficiente de ajuste ficou abaixo de zero para o sistema fechado. Para o Sistema aberto, o valor de R^2 foi $> 0,7$, entretanto, o ajuste ficou abaixo de 0,45. Em ambos os casos, os ajustes não são aceitáveis para a predição de um modelo confiável, o que corrobora para a confirmação de que os experimentos foram muito afetados por fatores externos não controláveis e que os métodos aplicados necessitam de aperfeiçoamento.

De acordo com os resultados obtidos, não se pode afirmar que os fatores e suas interações tenham influência significativa nos resultados dos experimentos. Entretanto, se os experimentos forem conduzidos em um ambiente onde haja controle de qualidade do solo, e

medidas contra o ataque de pragas, incidência de doenças e competição com plantas daninhas, em época de estiagem, é possível que se obtenham resultados mais consistentes estatisticamente.

Por outro lado, levando em conta apenas a exsudação da goma-resina em si, pode-se considerar resultados positivos, visto que tanto no sistema aberto quanto no fechado houve produção considerável, que pode ser melhorada quando criado um ambiente próprio para a atividade de extração.

6.1 Projeção de plano econômico

A projeção de plano econômico foi realizada tomando como base os estudos realizados acerca da composição da goma exsudada da *Albizia lebbbeck*. Tem-se que seus principais componentes, de acordo com a maior concentração, são a d-galactose e a l-arabinose (ANDERSON; MORRISON, 1990; MARTÍNEZ *et al.*, 1996; PAULA; SANTANA; RODRIGUES, 2001).

De acordo com catálogo do Sigma Aldrich (2020), 1 kg de d-galactose custa cerca de R\$ 3.000,00 (três mil reais), enquanto 1 kg de l-arabinose custa, em média, R\$ 13.000,00 (treze mil reais). Considerando a goma exsudada de espécimes localizados no Brasil tem-se, aproximadamente, 52% de d-galactose e 36% de l-arabinose em sua composição (PAULA; SANTANA; RODRIGUES, 2001).

Ainda não é sabida a produção média de goma pela Albízia, por isso, para efeito de cálculos, considerou-se o valor estimado para espécies produtoras de goma acácia, cuja produção média é de 300g por ano (GOMA ACÁCIA, 2015).

Uma projeção de plano econômico para produção de derivados da goma é apresentada na Tabela 11, estimando-se, a grosso modo, que o custo de produção equivalha a 50% do valor comercial do produto.

Tabela 11 - Projeção de plano econômico

Produção anual			
	Mássica (por árvore)	Valor comercial* (por árvore)	Valor comercial* (100 árvores)
Goma-resina	300 g		
D-galactose	156 g	R\$ 468,00	R\$ 46.800,00
L-arabinose	108 g	R\$ 1.404,00	R\$ 140.400,00
	Total	R\$ 1.872,00	R\$ 187.200,00
Custo de produção 50%	Rendimento	R\$ 936,00	R\$ 93.600,00

*Valor comercial do produto com data base de abril de 2020. Fonte: Sigma Aldrich, (2020).

De acordo com a Tabela 11, vê-se que uma plantação contendo cem exemplares de *A. lebbeck* pode chegar a render quase 94 mil reais por ano. Dessarte, confirma-se a necessidade de pesquisas referentes à produtividade de goma por essa espécie, bem como, à estimativa de custos de extração e produção dos seus derivados.

7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que este trabalho cumpriu com o objetivo de servir como ponto de partida para pesquisas relacionadas à extração de goma-resina da espécie *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. Embora necessitem de melhorias e adaptações, as técnicas denominadas neste trabalho por sistemas aberto e fechado se mostraram eficazes para realizar a extração, ao contrário da técnica de resinagem, com a qual não foi possível coletar a goma.

Diante dos resultados obtidos vê-se que o sistema fechado apresenta vantagem em relação ao aberto, do ponto de vista da quantidade de goma obtida nos respectivos ensaios, com destaque para os de ponto central.

O planejamento experimental e as técnicas em si podem ser melhorados se houver um ambiente propício para extração, isto é, disposição de mais exemplares da espécie, já plantadas para esse fim, onde seja possível realizar nutrição do solo e irrigação de forma adequada, bem como fazer um bom controle de pragas e plantas daninhas. A possibilidade de aumentar o tamanho das amostras, testar outros delineamentos experimentais e realizar os experimentos em condições ótimas, certamente influenciará significativamente nos resultados obtidos.

8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

É possível afirmar, com base nas pesquisas realizadas para embasar este trabalho, que a extração de goma-resina na *A. lebbbeck* tem um grande potencial do ponto de vista socioeconômico, visto que pode ser conciliada com a atividade agropecuária, por exemplo, além de poder ser consideravelmente lucrativa.

Pelos motivos aqui expostos, é evidente a necessidade de realização de mais estudos em torno da extração e caracterização da goma de Albízia. Um maior número de pesquisas que comprovem a capacidade de a goma acácia ser substituída pela da Albízia, a viabilidade econômica dessa atividade para o território nacional, que façam a projeção do uso da goma e seus derivados em escala industrial ou que busquem maneiras de melhorar o processo produtivo são de extrema importância para que a atividade resineira nessa espécie possa ser posta em prática.

REFERÊNCIAS

- ALECHANDRE, A.; AZEVEDO, K.; MARÇAL, A.; SILVA, S. P. da; SANTOS, F. C. B. dos; CAMPOS, C. A.; ALMEIDA, M. de C.; MELO, T. **Guia de boas práticas para a extração da seiva de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.)**. Rio Branco: IPAM/USAID, 2011.
- ALENCAR, J. da C. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga Hayne-Leguminosae*, na Amazônia Central. 2 - Produção de óleo-resina. **Acta Amazônica**, v. 12, n. 1, p. 75–89, 1982.
- ANDERSON, D. M. W.; MORRISON, N. A. Identification of *Albizia* gum exudates which are not permitted food additives. **Food Additives and Contaminants**, v. 7, n. 2, p. 175–180,
- AOKI, H.; CRUZ, S. F. Novas alternativas de resinagem de *Pinus*. **Revista do Instituto Florestal**, v. 10, n. 2, p. 123–126, 1998.
- BABU, N. P.; PANDIKUMAR, P.; IGNACIMUTHU, S. Anti-inflammatory activity of *Albizia lebbek* Benth, an ethnomedicinal plant, in acute and chronic animal models of inflammation. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 125, n. 2, p. 356–360, set. 2009.
- BESRA, S. E.; GOMES, A.; CHAUDHURY, L.; VEDASIROMONI, J. R.; GANGULY, D. K. Antidiarrhoeal activity of seed extract of *Albizia lebbek* Benth. **Phytotherapy Research**, v. 16, n. 6, p. 529–533, set. 2002.
- BETTER, M. araB EXPRESSION SYSTEM IN *Escherichia coli*. **Gene Expression Systems**. [S. l.]: Elsevier, 1999. p. 95–107. DOI 10.1016/B978-012253840-7/50005-5. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780122538407500055>>. Acesso em: 13 abr. 2020.
- CAPITANI, L. R. Primeiros resultados do uso de ethrel na resinagem de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na Reflorestadora Sacramento “RESA” LTDA. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF (Circular Técnica)**, v. 147, 1982.
- CARNEIRO, D. A. Produção e uso de pasta ácida nos trabalhos de resinagem na fazenda Monte Alegre. **Silvicultura**, v. 28, p. 371, 1983.
- CLEMENTS, R. W. **Modern gum naval stores methods: Manual**. Asheville, N. C.: Southeastern Forest Experiment Station, 1974.
- DECS, D. em C. da S. Ácido Glucurônico. 2019a. **Biblioteca Virtual em Saúde**. Disponível em: <http://decs.bvs.br/cgi-bin/wxis1660.exe/decserver/?IsisScript=../cgi-bin/decserver/decserver.xis&task=exact_term&previous_page=homepage&interface_language=p&search_language=p&search_exp=%C1cido%20Glucur%C3%93nico>. Acesso em: 24 fev. 2020.
- DECS, D. em C. da S. Galactose. 2019b. **Biblioteca Virtual em Saúde**. Disponível em: <<http://decs.bvs.br/cgi-bin/wxis1660.exe/decserver/>>. Acesso em: 24 fev. 2020.

ETHREL - AGRO BAYER - REGULADOR DE CRESCIMENTO. [s. d.]. Disponível em: <<https://www.agro.bayer.com.br/produtos/ethrel/ethrel>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

FANI, M. Agentes de textura: importância no desenvolvimento de alimentos. 2015. **Aditivos Ingredientes**. Disponível em: <<https://aditivosingredientes.com.br/artigos/todos/agentes-de-textura-importancia-no-desenvolvimento-dos-alimentos>>. Acesso em: 27 jul. 2019.

FARIAS, H. M.; ABREU, A. K. F.; OLIVEIRA, N. M. S.; DANTAS, G. C. B.; BARROS, A. J. M. Caracterização físico-química de diferentes gomas naturais da *Albizia lebbbeck* L. extraídas no cariri paraibano. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC**, 2018.

FERREIRA, J. P. R. J. **Análise da cadeia produtiva e estrutura de custos do setor brasileiro de produtos resinosos**. 2001. 87 f. Universidade de São Paulo, 2001.

FOODB. **Showing Compound L-Arabinose (FDB012306)**. 2019. Disponível em: <<http://foodb.ca/compounds/FDB012306>>. Acesso em: 24 fev. 2020.

FUSATTO, A. L. M. **Pastas estimulantes em sistemas de resinagem de *Pinus elliottii* var. *elliottii***. 2006. 109 f. Universidade de São Paulo, 2006.

GABAS, V. G. S.; CAVALCANTI, O. A. Influência da adição da goma arábica em filmes isolados de polímero acrílico: estudo das propriedades de intumescimento e de permeabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, n. 4, 2003.

GOMA ACÁCIA. **Food Ingredients Brasil**, v. 32, 2015.

GUPTA, R. K.; SIBER, G. R. Adjuvants for human vaccines - current status, problems and future prospects. **Vaccine**, v. 13, n. 14, p. 1263–1276, 1995.

GUPTA, R. S.; CHAUDHARY, R.; YADAV, R. K.; VERMA, S. K.; DOBHAL, M. P. Effect of Saponins of *Albizia lebbbeck* (L.) Benth bark on the reproductive system of male albino rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 96, n. 1–2, p. 31–36, jan. 2005.

HUMAN METABOLOME DATABASE. **Showing metabocard for D-Mannose (HMDB0000169)**. 2020. Disponível em: <<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0000292>>. Acesso em 24 fev. 2020.

HUMAN METABOLOME DATABASE. **Showing metabocard for Rhamnose (HMDB0000849)**. 2019. Disponível em: <<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0000849>>. Acesso em: 24 fev. 2020.

JØKER, D. *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. **Seed Leaflet**, Humlebaek, Dinamarca, n. 2000, 2000.

KOKILA, K.; PRIYADHARSHINI, S. D.; SUJATHA, V. Phytopharmacological properties of *Albizia* species: A review. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 5, n. SUPPL 3, p. 70–73, 2013.

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. Resinagem. **A cultura do *Pinus* no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. p. 70–81.

KUMAR, A.; SALUJA, A. K.; SHAH, U. D.; MAYAVANSHI, A. V. Pharmacological potential of *Albizzia lebbek*: A Review. **Pharmacognosy Reviews**, v. 1, n. 1, p. 171–174, 2007.

LAKSHKUMAR, J. B. **Extraction and purification of gum from *Acacia nilotica* (babul) tree**. 2014. 122 f. Junagadh Agricultural University, 2014.

LIMA, A. C.; SANTOS, R. A. dos; ALMEIDA, F. A. G.; BANDEIRA, C. T. Estimulantes químicos na extração da goma de cajueiro (*Anacardium occidentale*, L.). **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 409–415, 2001.

MARTÍNEZ, M.; PINTO, G. L. de; ALVÁREZ, S.; TROCONIS, N. G. de; OCANDO, E.; RIVAS, C. Composition and properties of *Albizia lebbek* gum exudate. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 23, n. 7–8, p. 843–848, 1996.

MONTEIRO, C.; CUNNINGHAN, A.; MONTEIRO, L. Resinagem em sistema fechado. **Boletim Informativo da Associação dos Resinadores do Brasil (ARESB)**, v. 222, 2018.

MUNDO FLORESTAL. *Albizia – Albizia spp. – Leguminosae - Mimosoideae – Folhosa* (Hardwood). 2013. Disponível em: <<http://www.mundoflorestal.com.br/mediawiki/index.php?title=Albizia>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Tropical Legumes: Resources for the Future**. Washington, D.C.: National Academies Press, 1979.

NURUL, I. M.; MIZUGUCHI, H.; SHAHRIAR, M.; VENKATESH, P.; MAEYAMA, K.; MUKHERJEE, P. K.; HATTORI, M.; CHOUDHURI, M. S. K.; TAKEDA, N.; FUKUI, H. *Albizia lebbek* suppresses histamine signaling by the inhibition of histamine H1 receptor and histidine decarboxylase gene transcriptions. **International Immunopharmacology**, v. 11, p. 1766–1772, 2011.

OLIVEIRA, E. C. P.; LAMEIRA, O. A.; ZOGHBI, M. G. B. Identificação da época de coleta do óleo-resina de copaíba (*Copaifera spp.*) no município de Moju, PA. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 3, p. 14–23, 2006.

PAULA, R. C. M. de; SANTANA, S. A.; RODRIGUES, J. F. Composition and rheological properties of *Albizia lebbek* gum exudate. **Carbohydrate Polymers**, v. 44, n. 2, p. 133–139, 2001.

PEIXOTO, A. L.; MAIA, L. C. (Orgs.). **Manual de Procedimentos para Herbários**. Recife: Editora Universitária (UFPE), 2013.

PORTAL ACTION. 6.1.2 Experimento de Box-Behnken. [s. d.]. **Portal Action**. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/planejamento-de-experimento/612-experimento-de-box-behnken>>. Acesso em: 1 mar. 2020.

RAMOS, M. F. de S. **Desenvolvimento de microcápsulas contendo a fração volátil de copaíba por spray-drying- estudo de estabilidade e avaliação farmacológica**. 2006. 132 f. Doutorado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto /USP, Ribeirão Preto, 2006.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O. C.; WADT, P. G. S.; WADT, L. H. de O. Potencial de produção de óleo-resina de copaíba (*Copaifera spp*) de populações naturais do sudoeste da Amazônia. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 583–591, 2006.

RODRIGUES, K. C. da S. **Caracterização e otimização da produção de resina em Pinus elliottii ENGELM. - Papel de moduladores químicos**. 2006. 107 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

SCIENTIA. Ácido sulfúrico. [s. d.]. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/scientiaestpotentiaplus/acido-sulfurico>>. Acesso em: 24 out. 2019.

SHAHIDI, F.; HAN, X. Q. Encapsulation of food ingredients. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 6, p. 501–547, 1993.

SIGMA ALDRICH. D-Galactose. 2020. Disponível em: <<https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/g0750>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

SIGMA ALDRICH. L-Arabinose. 2020. Disponível em: <<https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/l0250>>. Acesso em: 30 abr. 2020

SILVA, A. S. da; FERNANDES, J. M. F.; LOPES, C. R. A. S. Taxonomia do gênero *Albizia* (*leguminosae*) no estado de Mato Grosso, brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, p. 1–14, 30 jun. 2019.

SILVA, M. D. C. da. **Aplicações Biotecnológicas das Lectinas ClaveLL (*Cladonia verticillaris* LICHEN LECTIN) e BmoLL (*Bauhinia monandra* LEAF LECTIN)**. 211 f. 2008.

SINGAB, A. N.; BAHGAT, D.; AL-SAYED, E.; ELDAHSHAN, O. Saponins from Genus *Albizia*: Phytochemical and Biological Review. **Medicinal & Aromatic Plants**, v. 3, 2015.

SOUZA, A. S.; SANTOS, W. N. L.; FERREIRA, S. L. C. Application of Box–Behnken design in the optimization of an on-line pre-concentration system using knotted reactor for cadmium determination by flame atomic absorption spectrometry. **Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy**, v. 60, n. 5, p. 737–742, 2005.

SRINIVASAN, D.; NATHAN, S.; SURESH, T.; PERUMALSAMY, P. L. Antimicrobial activity of certain Indian medicinal plants used in folkloric medicine. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 74, n. 3, p. 217–220, mar. 2001.

STEGLICH, D. S. G. **Análise dos constituintes utilizados em dermocosméticos que promovem efeito tensor (Lifting), disponíveis no mercado**. 2017. 0–28 f. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2017.

THANZAMI, K.; MALSAWMTLUANGI, C.; LALHLENMAWIA, H.; SEELAN, T. V.; PALANISAMY, S.; KANDASAMY, R.; PACHUAU, L. Characterization and in vitro antioxidant activity of *Albizia stipulata* Boiv. gum exudates. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 80, p. 231–239, set. 2015.

TRADE MAP - LIST OF SUPPLYING MARKETS FOR A PRODUCT IMPORTED BY BRAZIL. 2019. Disponível em:

<https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry_TS.aspx?nvpm=1%7c076%7c%7c%7c%7c130120%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c2%7c1%7c>. Acesso em: 30 abr. 2020.

TRIPATHI, R. M.; SEN, P. C.; DAS, P. K. Studies on the mechanism of action of *Albizzia lebbek*, an Indian indigenous drug used in the treatment of atopic allergy. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 1, n. 4, p. 385–396, dez. 1979.

UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brasil) - Horto Botânico. *Albizzia lebbek*. [s. d.]. Disponível em:

<<http://museunacional.ufrj.br/hortobotanico/arvoresearbustos/albizzia.html>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

VASISHTH, A.; GULERIA, V. Potential of *Senegalia senegal* for gum arabic extraction. **Indian Journal of Ecology**, v. 44, n. 6, p. 817–819, 2017.

VEIGA JUNIOR, V. F. V.; PINTO, A. C. O gênero *Copaifera* L. **Química Nova**, v. 25, n. 2, p. 273–286, 2002.

ZANOTELLI, T. A.; JASPER, A. Processo de resinagem em *Pinus elliotti* na região do Vale do Taquari Rio Grande do Sul, Brasil: uma proposta alternativa para as condições locais. **Caderno de Pesquisa, série Biologia**, v. 21, n. January 2009, p. 60, 2009.

APÊNDICE

Cálculos para o preparo das soluções de H₂SO₄.

De acordo com o rótulo do H₂SO₄ P. A., sua concentração mássica é de 98%, sua massa molar, 98,08 g/mol e sua densidade, 1,84 g/mL, o que equivale a 1840 g/L.

Com base nos dados, tem-se que em 1L de H₂SO₄ P. A., há: $0,98 * 1840\text{g} = 1803,20\text{g}$ de ácido puro.

Aplicando regra de três simples:

$$98,08\text{g de H}_2\text{SO}_4 \text{ P. A.} \rightarrow 1 \text{ mol} \qquad \qquad \qquad x = 18,38 \text{ mol}$$

$$1803,20 \text{ g de H}_2\text{SO}_4 \text{ P. A.} \rightarrow x$$

Logo, a concentração molar do H₂SO₄ P. A. é 18,38 mol/L.

- Para se obter 200ml de uma solução à concentração mássica de 25%, tem-se:

Densidade: $1,18\text{g/mL} * = 1180\text{g/L}$

$0,25 * 1180\text{g (H}_2\text{SO}_4 \text{ P. A.)} = 295\text{g}$ de ácido puro.

Aplicando regra de três simples:

$$98,08\text{g de H}_2\text{SO}_4 \text{ P. A.} \rightarrow 1 \text{ mol} \qquad \qquad \qquad y = 3,01 \text{ mol}$$

$$295 \text{ g de H}_2\text{SO}_4 \text{ P. A.} \rightarrow y$$

Logo, a concentração molar do H₂SO₄ 25% é 3,01 mol/L.

Sendo $M_1 = 18,38 \text{ mol/L}$

$$M_2 = 3,01 \text{ mol/L}$$

$$V_2 = 200 \text{ mL}$$

Tem-se:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$18,38 * V_1 = 3,01 * 200$$

$$V_1 = 32,73\text{mL}$$

Portanto, para preparar 200mL de H₂SO₄ a 25%, é necessário diluir 32,73mL da solução P. A. em 167,27mL de água destilada.

- Para se obter 200ml de uma solução à concentração mássica de 50%, tem-se:

Densidade: $1,40\text{g/mL}^* = 1400\text{g/L}$

$0,5 * 1400\text{g (H}_2\text{SO}_4 \text{ P. A.)} = 700\text{g de ácido puro.}$

Aplicando regra de três simples:

$98,08\text{g de H}_2\text{SO}_4 \text{ P. A.} \rightarrow 1 \text{ mol}$

$y = 7,14 \text{ mol}$

$700 \text{ g de H}_2\text{SO}_4 \text{ P. A.} \rightarrow y$

Logo, a concentração molar do H_2SO_4 50% é $7,14 \text{ mol/L}$.

Sendo $\mathcal{M}_3 = 18,38 \text{ mol/L}$

$\mathcal{M}_4 = 7,14 \text{ mol/L}$

$V_4 = 200 \text{ mL}$

Tem-se:

$\mathcal{M}_3 V_3 = \mathcal{M}_4 V_4$

$18,38 * V_3 = 7,14 * 200$

$V_3 = 77,69\text{mL}$

Portanto, para preparar 200mL de H_2SO_4 a 50%, é necessário diluir 77,69mL da solução P. A. em 122,31mL de água destilada.