



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

ÍTALO CARVALHO DE LIMA

**DETERMINAÇÃO DE TEOR DE TANINOS EM DIFERENTES EXTRATOS SECOS
DE *Parkinsonia aculeata* OBTIDOS POR DIFERENTES MÉTODOS DE
SECAGEM**

RECIFE

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

ÍTALO CARVALHO DE LIMA

**DETERMINAÇÃO DE TEOR DE TANINOS EM DIFERENTES EXTRATOS SECOS
DE *Parkinsonia aculeata* OBTIDOS POR DIFERENTES MÉTODOS DE
SECAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Farmácia, do Centro de Ciências da Saúde, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Farmacêuticas.

Orientadora: Profª Drª Rosali Maria Ferreira da Silva

Coorientadora: MSc. Maria José Cristiane Lima e Silva

RECIFE

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Lima, Italo Carvalho de.

Determinação de teor de taninos em diferentes extratos secos de *Parkinsonia aculeata* obtidos por diferentes métodos de secagem / Italo Carvalho de Lima. - Recife, 2025.

37p. : il., tab.

Orientador(a): Profa. Dra. Rosali Maria Ferreira da Silva

Coorientador(a): Ma. Maria José Cristiane Lima e Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Farmácia - Bacharelado, 2025.

Inclui referências.

1. polifenóis. 2. taninos. 3. ácido gálico. 4. *Parkinsonia aculeata*. 5. *Libidibia ferrea*. I. Silva, Profa. Dra. Rosali Maria Ferreira da. (Orientação). II. Silva, Ma. Maria José Cristiane Lima e. (Coorientação). IV. Título.

610 CDD (22.ed.)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
CURSO DE BACHARELADO EM FARMÁCIA



Aprovada em: 12/11/2025.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Rosali Maria Ferreira da Silva
(Presidente e Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Ma. Maria Fernanda de Araújo e Silva
(Examinadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Ma. Suelen Cristina Lourenço de Barros
(Examinadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Débora Vitória Firmino de Lima
(Suplente)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

De início, agradeço essa conquista ao meu Deus, pelas infinitas misericórdias concedidas imerecidamente a mim, durante toda a jornada da graduação com uma rotina cansativa, encontrei forças somente em Cristo, o autor e consumidor da minha fé. Lhe agradeço Deus, pela sua maravilhosa graça e sustento, não só durante esses 5 anos de curso, mas durante toda a minha vida.

Muitas pessoas também foram importantes para essa conquista, minha namorada, o amor da minha vida, Bárbara Gabryella, com quem pude contar sempre durante esses anos, muito obrigado por seu amor e seu apoio sempre presente. Agradeço também pela vida dos meus pais, Iraquiton e Patrícia que sempre trabalham duro em prol do meu futuro e investiram na minha educação e graças a Deus, estamos colhendo os frutos. Agradeço também aos amigos que fiz durante esse período acadêmico, Saulo, Anderson, Jobson, Roberto, João Vitor, João Marcos. Estiveram lado a lado comigo nestes anos de graduação, passando pelos mesmos perrengues, provas e dificuldades que vencemos juntos. Fico muito feliz por nossas realizações e tenho certeza que seremos ótimos profissionais farmacêuticos (no caso dos Joãos, um grande teólogo e um grande funcionário público), já que infelizmente ou felizmente não cursaram farmácia.

Por fim, não posso deixar de agradecer as minhas orientadoras. Muito obrigado professora Rosali por ter me acolhido como orientando, mesmo tendo uma agenda cheia, muito obrigado pelos ensinamentos e cobranças por email, tenho certeza que tudo isso vai me ajudar como profissional. Meus sinceros agradecimentos a Cris, minha coorientadora, basicamente foi minha professora de boas práticas de laboratório, esteve comigo durante toda a construção dos resultados, me aconselhando e me corrigindo quando necessário, sei que Luiz Henrique vai ser muito bem orientado em sua casa. Muito obrigado por tudo, sou muito grato pelo suporte de vocês duas

RESUMO

Parkinsonia aculeata (Fabaceae) é uma espécie vegetal de interesse farmacológico promissor, conhecida popularmente como cina-cina e canafístula e com atividades farmacológicas conhecidas, como efeito antioxidante, anti-inflamatório e antitumoral. Contudo, a espécie ainda é pouco explorada cientificamente, especialmente o que tange a otimização de seus extratos e estudos quantitativos acerca dos seus componentes fitoquímicos. Os taninos, metabólitos secundários da classe dos polifenóis, destacam-se por suas propriedades antioxidantes e adstringentes, conferindo-lhes significativo potencial terapêutico. Este trabalho teve como objetivo quantificar o teor de taninos totais em extratos secos advindos das partes aéreas de *P. aculeata* submetidos a diferentes métodos de secagem, utilizando espectrofotometria na região do UV-VIS, uma técnica reconhecida por sua precisão, sensibilidade e baixo custo. A metodologia consistiu na utilização dos extratos secos provenientes da estufa de circulação (40 ~ 60°C), liofilizador (-50°C) e *spray dryer* (150 °C e 170 °C), junto ao reagente de Folin-Ciocalteu e a precipitação com caseína. Para a análise, foi construída uma curva de calibração com ácido gálico como padrão, e as leituras de absorvância foram realizadas a 760 nm. Os resultados revelaram que o teor de taninos totais variou significativamente em função do método de secagem empregado, os valores do extrato liofilizado (416,27 mg EAG/g), *spray dryer* 150°C (381,68 mg EAG/g), estufa de circulação (320,82 mg EAG/g) e *spray dryer* 170°C (264,19 mg EAG/g) permitiram estimar a concentração de taninos totais expressos em equivalentes de ácido gálico (EAG), contribuindo para a caracterização fitoquímica desta espécie e fornecendo subsídios para futuras investigações sobre o seu potencial farmacológico, especialmente na seleção do método de secagem mais eficiente para a preservação dos taninos.

Palavras-chave: polifenóis; taninos; ácido gálico; *Parkinsonia aculeata*; *Libidibia ferrea*.

ABSTRACT

Parkinsonia aculeata (Fabaceae) is a plant species of promising pharmacological interest, popularly known as cina-cina and canafístula, with known pharmacological activities such as antioxidant, anti-inflammatory, and antitumor effects. However, the species is still poorly explored scientifically, especially regarding the optimization of its extracts and quantitative studies of its phytochemical components. Tannins, secondary metabolites of the polyphenol class, stand out for their antioxidant and astringent properties, giving them significant therapeutic potential. This work aimed to quantify the total tannin content in dry extracts from the aerial parts of *P. aculeata* subjected to different drying methods, using UV-VIS spectrophotometry, a technique recognized for its precision, sensitivity, and low cost. The methodology consisted of using dry extracts from a circulating oven (40 ~ 60°C), freeze dryer (-50°C), and spray dryer (150 °C and 170 °C), along with the Folin-Ciocalteu reagent and precipitation with casein. For the analysis, a calibration curve was constructed with gallic acid as a standard, and absorbance readings were performed at 760 nm. The results revealed that the total tannin content varied significantly depending on the drying method employed. The values for the lyophilized extract (416.27 mg GAE/g), spray dryer at 150°C (381.68 mg GAE/g), circulating oven (320.82 mg GAE/g), and spray dryer at 170°C (264.19 mg GAE/g) allowed for the estimation of the total tannin concentration expressed as gallic acid equivalents (GAE), contributing to the phytochemical characterization of this species and providing support for future investigations into its pharmacological potential, especially in selecting the most efficient drying method for tannin preservation.

Keywords: polyphenols; tannins; gallic acid; *Parkinsonia aculeata*; *Libidibia ferrea*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados da curva de calibração.....	21
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espectrofotômetro UV-Vis utilizado para as leituras de absorvância a 760 nm, modelo Shimadzu® UVmini-1240.....	17
Figura 2. Fluxograma das etapas da metodologia de doseamento.....	19
Figura 3. Preparo das 7 amostras da curva de calibração mais a amostra de branco.	21
Figura 4. Gráfico da curva de calibração do ácido gálico.....	22
Figura 5. Gráfico com o comparativo dos teores de taninos presentes nos extratos....	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivo Geral:.....	13
1.1.2 Objetivos Específicos:.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 <i>Parkinsonia aculeata</i>	14
2.1.1 Características e uso medicinal.....	14
2.1.2 <i>Libidibia ferrea</i>	14
2.1.3 Doseamento de taninos em <i>Parkinsonia aculeata</i>	15
2.2 Taninos.....	16
2.2.1 Definição e características.....	16
2.2.2 Potencial terapêutico.....	16
2.3 Métodos de secagem.....	17
2.4 Espectrometria UV-Vis associada ao reagente de Folin-Ciocalteu para a quantificação de taninos.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Material vegetal.....	20
3.2 Reagentes e soluções.....	21
3.3 Preparo da amostra.....	21
3.4 Construção da Curva padrão.....	22
3.5 Determinação do teor de taninos.....	23
3.6 Análise Estatística.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 Curva de calibração com ácido gálico.....	24
4.2 Extrato liofilizado.....	26
4.3 Extrato seco pela estufa de circulação.....	26
4.4 Extratos secos por <i>spray dryer</i>	27
4.4.1 Extrato preparado a 150°C.....	27

4.4.2 Extrato seco a 170°C.....	28
4.5 Comparativo entre os extratos.....	29
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

As plantas medicinais são objeto de pesquisas farmacológicas, tendo em vista a rica variedade de espécies vegetais com potenciais usos terapêuticos. Nesse contexto, o Brasil acaba se destacando por possuir uma rica flora com diversos exemplos de plantas associadas ao uso medicinal bastante praticado pela sociedade brasileira, uso este, que foi herdado dos povos originários (Santos, 2000). Dessa forma, o país tem um grande potencial de se destacar na produção de medicamentos fitoterápicos (Leite *et al.*, 2021).

Sabendo da atividade terapêutica presente em espécies vegetais, *Parkinsonia aculeata*, também conhecida como “cina-cina”, “canafístula”, “olho-de-cobra”, “árvore-do-cavalo”, é uma espécie de planta que pertence à família *Fabaceae*. Já o gênero *Parkinsonia* foi uma homenagem ao botânico inglês John Parkinson. Em relação a sua localização, é encontrada majoritariamente em regiões tropicais e subtropicais das Américas, estando dispersa na América do Sul, América Central e partes do sul dos Estados Unidos. *P. aculeata* possui atribuição ao uso tradicional por povos indígenas, que a utilizavam há séculos para tratar febres, inflamações e dores, além de uso para dislipidemias e controle glicêmico pela população local do Xingó, no semiárido da região Nordeste do Brasil (Leite *et al.*, 2007).

Além do uso tradicional, *P. aculeata* tem despertado o interesse dos pesquisadores em estudar suas propriedades farmacológicas, uma vez que a planta apresenta atividade contra células tumorais, efeito antioxidante, entre outras (Hassan *et al.*, 2019). Além de potencial benefício na regulação metabólica e no controle dos níveis lipídicos e glicêmicos (Franco *et al.*, 2022), sendo essas propriedades relacionadas à presença de polifenóis nesse material vegetal, como por exemplo os taninos e os flavonoides.

Os polifenóis, compostos bioativos encontrados em diversas plantas são considerados marcadores químicos recorrentemente buscados em diversas drogas vegetais, como por exemplo os flavonoides, taninos e cumarinas, uma vez que possuem diversas propriedades farmacológicas, como o efeito antioxidante desde a potencial ação anti-inflamatória e atividade antimicrobiana (Stromsnes *et al.*, 2021).

Em relação à atividade anti-hiperglicemiante, os metabólitos mais estudados são os flavonoides (Cesar *et al.*, 2025), com muitas pesquisas já existentes na literatura. Todavia, espécies como a *Libidibia ferrea*, planta pertencente à família

fabaceae, assim como *P. aculeata*, apresenta esta atividade farmacológica associada a outro polifenol, no caso, os taninos (Lima, 2019). Logo, surge o interesse em quantificar a disponibilidade desse metabólito em *P. aculeata* e investigar métodos de secagem para obtenção de extratos secos de suas partes aéreas, visando garantir a preservação dos taninos.

Com base nos métodos de secagem, a *Libidibia ferrea* obteve um excelente teor de taninos por meio da liofilização, 370,14 mg EAG/g. Todavia, outros métodos são referenciados na literatura como ótimas técnicas de secagem para extratos vegetais, como a estufa de circulação (ElNaker *et al.*, 2021) e o *spray dryer* (Júnior *et al.*, 2023). Dessa forma, é de suma importância avaliar a metodologia mais adequada para a preservação dos taninos em extratos secos de *P. aculeata*.

Os taninos são metabólitos secundários das espécies vegetais, ou seja, não são essenciais para o desenvolvimento e crescimento da planta, porém, possuem funções e características muito importantes para a planta, como protegê-la de herbívoros e do estresse oxidativo. Farmacologicamente, os taninos possuem potenciais atividades anti-hiperglicemiante, antitumorais, neuroprotetor, além dos efeitos já conhecidos e destacados, como exercer função anti-inflamatória e antioxidante (Jing *et al.*, 2022).

Portanto, sabendo da presença de taninos em *P. aculeata*, o doseamento dessas substâncias é de grande importância para a caracterização fitoquímica desta espécie vegetal.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral:

Realizar o doseamento de taninos presentes em extratos de *Parkinsonia aculeata*, por meio do método de Folin-Ciocalteu junto à técnica de espectrofotometria na região do ultravioleta-visível (UV-Vis).

1.1.2 Objetivos Específicos:

- Preparar amostras, solubilizando os extratos secos em solução hidroalcoólica 1:1 (v/v);
- Construir a curva padrão de ácido gálico
- Dosear taninos com a metodologia de doseamento por espectrofotometria UV-Vis, utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu para quantificar os taninos totais em diferentes extratos secos de *Parkinsonia aculeata*;
- Analisar e interpretar os dados obtidos por meio do *Excel*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Parkinsonia aculeata*

2.1.1 Características e uso medicinal

Parkinsonia aculeata, membro da família *Fabaceae* e conhecida popularmente como “cina-cina”, “espinheiro-de-jerusalém” ou “vara-santa”, é uma planta arbustiva espinhenta de notável resistência, amplamente adaptada às condições áridas e semiáridas do Nordeste brasileiro e outras partes do mundo. Sua relevância no cenário da medicina tradicional é associada a seus usos terapêuticos, sendo empregada para o tratamento de uma gama de afecções, que incluem processos inflamatórios, infecções microbianas, distúrbios gastrointestinais (como diarreia e disenteria), febre e diabetes (Franco *et al.*, 2022).

O amplo espectro de uso popular de *P. aculeata* é sustentado por um perfil fitoquímico presente na espécie vegetal, que abrange uma cooperação de classes de metabólitos bioativos. Pesquisas fitoquímicas, como a conduzida por Hassan (2019), identificaram a presença de alcaloides, flavonoides, saponinas, esteroides e taninos em seus extratos.

Os diferentes metabólitos encontrados na espécie vegetal estão ligados a sua atividade farmacológica. Os alcaloides e flavonoides são frequentemente associados a atividades antimicrobiana e anti-inflamatória; as saponinas conferem propriedade imunomodulatória e expectorante, enquanto os taninos se mostram como biomoléculas fundamentais para explicar seu emprego empírico no controle de distúrbios intestinais, visto que a ação adstringente, antidiarreica e antisséptica dos taninos, resultante de sua capacidade de precipitar proteínas e formar uma camada protetora na mucosa, além de inibir o crescimento de patógenos, fornece uma base racional sólida para esse uso tradicional (Dakheel *et al.*, 2020).

2.1.2 *Libidibia ferrea*

Em relação a pesquisas quantitativas ou que validem uma atividade farmacológica a presença de algum metabólito ou composto presente na espécie vegetal, *Parkinsonia aculeata* carece de estudos como estes, sendo comum a existência apenas de pesquisas qualitativas para essa planta. Logo, o surgimento da evidência de atividade anti-hiperglicemiante associada aos taninos na *Libidibia ferrea*, conhecida como “pau-ferro”, “jucá” ou “morado”, despertaram o interesse

em dosear os taninos em *P. aculeata*, uma vez a mesma e a *L. ferrea* pertencem à mesma família, *fabaceae*, portanto, essa proximidade taxonômica somada as evidências da presença de taninos em *P. aculeata* (Hassan *et al.*, 2019) sugerem que essa espécie vegetal também pode apresentar atividade anti-hiperglicemiante.

A atividade anti-hiperglicemiante da *Libidibia ferrea* ainda necessita de mais estudo para definir o mecanismo farmacológico por trás dessa bioatividade, o que se sabe, é a autoria desse efeito aos taninos (condensados e hidrolisáveis) e as catequinas (Lima, 2024).

2.1.3 Doseamento de taninos em *Parkinsonia aculeata*

A quantificação dos taninos presentes em *Parkinsonia aculeata* assume certa relevância no âmbito da validação científica e do desenvolvimento farmacêutico desta espécie medicinal. Embora a presença qualitativa desses polifenóis já tenha sido atestada, a determinação de suas concentrações exatas é pouco conhecida e sem metodologia validada para esse processo, logo, o doseamento destes metabólitos é um passo fundamental na caracterização da planta (Barthwal *et al.*, 2024).

A dosagem permite correlacionar diretamente a quantidade do princípio ativo com a intensidade do efeito farmacológico observado, estabelecendo parâmetros de dose-resposta essenciais para a eficácia e também da segurança de futuras formulações, além disso, a variação sazonal, as condições edafoclimáticas e a parte da planta escolhida para dosar esse marcador, seja a folha, caule, flor, entre outras, podem influenciar drasticamente o teor de taninos (Ruiz *et al.*, 2016)

Portanto, dosá-los não é apenas uma necessidade farmacotécnica para a padronização de extratos, mas também uma ferramenta para identificar a melhor fonte, a época ideal de colheita e as condições de cultivo que maximizem doses ideais que garantam o potencial terapêutico da planta, sendo o método com boa reprodutibilidade e como uma ferramenta para o controle de qualidade em produtos fitoterápicos baseados em *P. aculeata* (Wang *et al.*, 2023).

2.2 Taninos

2.2.1 Definição e características

Os taninos são compostos polifenólicos de origem vegetal, amplamente distribuídos no reino vegetal e conhecidos por sua capacidade de interagir com proteínas e outras macromoléculas (Tong *et al.*, 2022).

A palavra tanino tem origem a partir do processo de "tanificação" em peles de animais, onde essas substâncias eram tradicionalmente utilizadas para transformar couro cru em material impermeável e resistente à decomposição. Quimicamente, são classificados como metabólitos secundários das plantas, desempenhando funções de defesa contra herbívoros e microrganismos, além de contribuírem para a adstringência em frutos e bebidas (Falcão *et al.*, 2018).

Essas moléculas podem ser divididas em dois grupos, os taninos hidrolisáveis e taninos condensados. Os hidrolisáveis são derivados do ácido gálico e elágico, são menos estáveis, pois são suscetíveis à hidrólise ácida ou enzimática, já os taninos condensados, também chamados de proantocianidinas, são polímeros de flavonoides e podem ser considerados mais estáveis, uma vez que são resistentes à hidrólise (Cosme *et al.*, 2025).

2.2.2 Potencial terapêutico

De início, tem-se observado o quanto os taninos vêm ganhando destaque significativo na pesquisa científica devido às suas diversas propriedades farmacológicas; sua capacidade de interagir com as proteínas é um fator-chave para tais características, conferindo a esses compostos variadas atividades farmacológicas promissoras para o desenvolvimento de terapias inovadoras. A seguir, discutem-se os principais potenciais terapêuticos com base em evidências científicas recentes associadas aos taninos (Xu *et al.*, 2025).

Os taninos exibem potente atividade antioxidante, neutralizando radicais livres e reduzindo o estresse oxidativo celular. Essa propriedade está diretamente relacionada à presença de múltiplos grupos fenólicos em sua estrutura, que doam elétrons para interromper reações em cadeia de oxidação. Estudos demonstram que taninos condensados, como as proantocianidinas, são particularmente eficazes na proteção de lipídios, proteínas e DNA contra danos oxidativos (Yang *et al.*, 2018).

Taninos modulam vias inflamatórias, inibindo a expressão de citocinas pró-inflamatórias (ex.: TNF- α , IL-6) e a atividade de enzimas como a ciclooxigenase-2 (COX-2). Em modelos experimentais, taninos derivados de plantas como *Punica granatum* (romã) atenuaram significativamente processos inflamatórios agudos e crônicos (Piazza *et al.*, 2022). Efeitos Antimicrobianos: A capacidade dos taninos de precipitar proteínas bacterianas e formar complexos com metais essenciais confere ação contra esses microrganismos em amplo espectro. Taninos hidrolisáveis, como o ácido tânico, demonstraram inibir a adesão de *Streptococcus mutans* ao inibir seu biofilme (Xu *et al.*, 2025).

Estudos *in vitro* e *in vivo* indicam que taninos induzem apoptose e parada do ciclo celular em linhagens cancerígenas. Mecanismos propostos incluem inibição de metaloproteinases, quimioprevenção via modulação de enzimas de desintoxicação e bloqueio de sinais proliferativos. Proantocianidinas de sementes de uva, por exemplo, suprimiram progressão de câncer de cólon em testes *in vitro* (Ravindranathan *et al.*, 2018).

Em aplicações em doenças crônicas, os taninos têm sido investigados para manejo de diabetes, pela modulação da absorção de glicose (Brus *et al.*, 2021), e neurodegenerativas pela proteção contra a agregação de proteínas amiloides (Braidy *et al.*, 2017).

2.3 Métodos de secagem

O processo de secagem de extratos vegetais é uma etapa crucial na produção de fitoterápicos, visando a redução da umidade para inibir a proliferação microbiana, prolongar a estabilidade química dos compostos e facilitar o manuseio e o armazenamento. Logo, a escolha do método de secagem é determinante para a preservação da integridade estrutural e da atividade biológica dos fitoquímicos, como os taninos. Compostos polifenólicos são notoriamente sensíveis à degradação térmica e oxidativa (Narra *et al.*, 2024), o que torna a comparação dos resultados analíticos após diferentes tratamentos térmicos uma variável essencial para a padronização de extratos de *Parkinsonia aculeata*.

O método de secagem em estufa de circulação baseia-se na aplicação de calor convectivo para promover a evaporação da água livre presente no material. O

material é exposto a uma temperatura constante (entre 40°C e 60°C para plantas) por um período prolongado, e o ar aquecido em circulação carrega a umidade liberada para fora do equipamento. A principal vantagem desta técnica reside na sua simplicidade, baixo custo operacional e alta capacidade de processamento de grandes volumes de biomassa. Contudo, por ser um processo lento e com exposição contínua ao calor, pode induzir a degradação térmica de moléculas termossensíveis e promover reações de oxidação, resultando em menor rendimento ou alteração da estrutura dos taninos, se comparado a métodos mais suaves (Kolla *et al.*, 2021).

A liofilização é um processo altamente eficiente que se fundamenta na sublimação do gelo. O extrato aquoso é primeiramente congelado em baixas temperaturas (abaixo do ponto triplo da água) e, em seguida, submetido a alto vácuo. Sob essas condições, o gelo passa diretamente para o estado de vapor (sublimação), contornando a fase líquida. A vantagem mais significativa da liofilização é a preservação quase total da estrutura química dos compostos, pois o processo ocorre em baixíssimas temperaturas e na ausência de oxigênio. Isso o torna o método ideal para a secagem de extratos ricos em taninos e outros polifenóis, resultando em um pó altamente solúvel e com a maior concentração possível dos constituintes originais (Zubaidi *et al.*, 2025).

O secador por aspersão (*spray dryer*) é uma técnica que transforma extratos líquidos em pó fino de forma rápida e contínua. O líquido é atomizado em gotículas microscópicas e essas gotículas são imediatamente expostas a uma corrente de ar quente (no presente estudo, nas temperaturas de 150°C e 170°C) dentro de uma câmara de secagem. A vantagem crucial desse método é o curtíssimo tempo de contato das gotículas com a alta temperatura medido em segundos, o que minimiza a degradação térmica (Zubaidi *et al.*, 2025).

Além disso, permite o encapsulamento dos fitoquímicos com o uso de agentes carreadores. A comparação dos resultados entre as temperaturas de 150°C e 170°C é fundamental para determinar o balanço ideal entre uma secagem eficiente e a manutenção da estabilidade dos taninos, pois um aumento de 20°C pode, potencialmente, afetar o rendimento e a atividade do extrato final (Xia *et al.*, 2015)..

2.4 Espectrometria UV-Vis associada ao reagente de Folin-Ciocalteu para a quantificação de taninos

A espectrofotometria UV-Vis consolida-se como uma ferramenta analítica de grande eficácia para a quantificação de fenóis totais e taninos em matrizes vegetais, sendo particularmente vantajosa pela sua acessibilidade, robustez e rapidez. O princípio do método baseia-se na reação de redução do reagente de Folin-Ciocalteu pelos grupos fenólicos, resultando em um complexo colorido com absorvância máxima na região do ultravioleta-visível, tipicamente em 760 nm. Esta reação colorimétrica proporciona uma correlação direta e quantificável entre a intensidade de cor e a concentração dos analitos, como demonstrado pela elevada linearidade ($R^2 > 0,99$) com o padrão de ácido gálico, amplamente reconhecido como referência para este fim (Martins, *et al.*, 2021).

A confiabilidade do método é atestada por sua ampla adoção em estudos fitoquímicos, permitindo a padronização de extratos e a triagem de espécies vegetais com potencial bioativo (Chen, *et al.*, 2014).

Ademais, sua versatilidade é ampliada quando combinada com técnicas de precipitação seletiva, como a empregada com caseína, que permite isolar e quantificar a fração específica dos taninos dentro do pool de fenóis totais. Dessa forma, mais do que uma simples ferramenta de análise, o UV-Vis se mostrou uma ferramenta versátil, de baixo custo operacional e que posteriormente poderá investigar o potencial fitoquímico de *Parkinsonia aculeata*, caso a metodologia analítica que o empregue seja validada.

Figura 1 - Espectrofotômetro UV-Vis utilizado para as leituras de absorvância a 760 nm, modelo Shimadzu® UVmini-1240



Fonte: Autoral, 2025

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material vegetal

O presente estudo caracterizou-se por uma abordagem experimental laboratorial, delineada para quantificar o teor de taninos totais em extratos de *Parkinsonia aculeata* L. submetidos a diferentes processos de secagem: Estufa de circulação (40 ~ 60 °C) , liofilização (-50°C) e spray dryer (150°C e 170°C).

As partes aéreas de *Parkinsonia aculeata* foram coletadas em abril de 2022 e 2023 pela Associação Comunitária Carão, Sítio Poços Pretos, Altinho, Pernambuco, Brasil (coordenadas geográficas fornecidas por GPS - latitude: 08°29.241' e longitude: 36°02.046'), identificadas e depositadas no Herbário Geraldo Mariz da UFPE - Herbário Geraldo Mariz, pertencente ao Departamento de Botânica do Centro de Biociências (CB) da Universidade Federal de Pernambuco/UFPE. O acesso ao material foi registrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio

Genético e dos Conhecimentos Tradicionais Associados (SisGen), sob o número AA0932F.

Os extratos foram secados no Laboratório de Tecnologia Farmacêutica (LTM), no Departamento de Ciências Farmacêuticas (DCFAR) na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

3.2 Reagentes e soluções

- Reagente de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich®);
- Caseína bovina (Sigma-Aldrich®);
- Solução de carbonato de sódio a 20% (m/v);
- Ácido gálico (Sigma-Aldrich®);
- Água destilada;
- Álcool etílico absoluto.
- Aerosil 10%
- Celulose microcristalina 101 10%

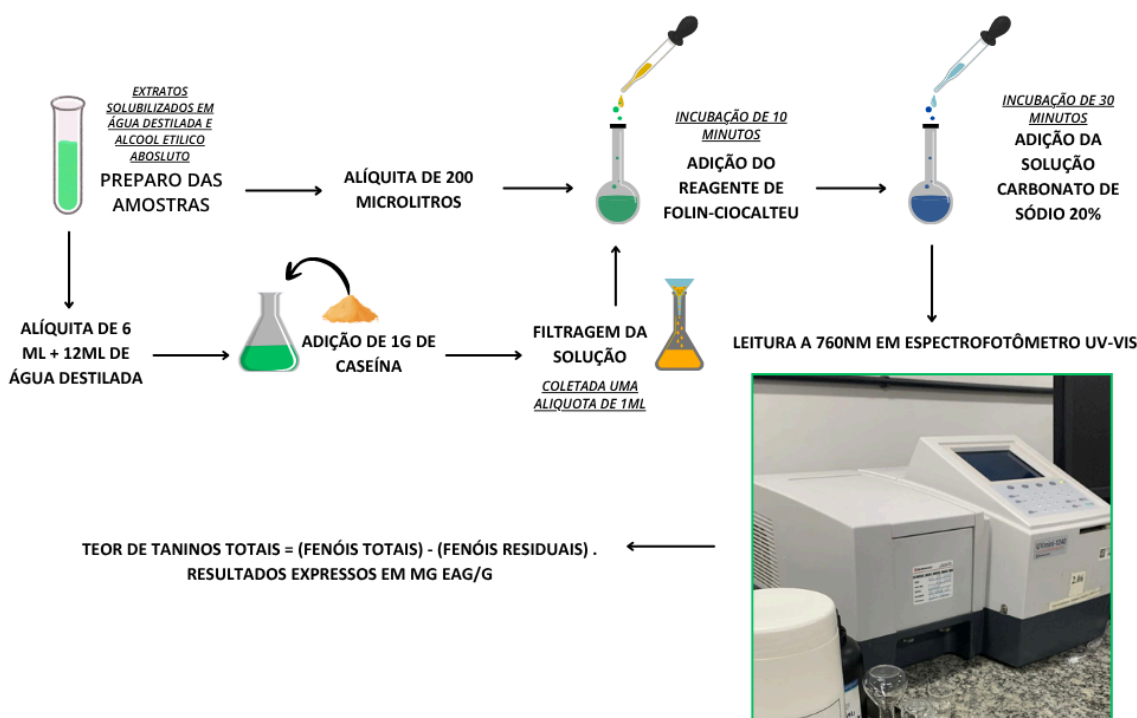
3.3 Preparo da amostra

Os extratos secos provenientes da estufa de circulação, liofilização e do *spray dryer* foram pesados com auxílio de balança analítica e solubilizados em água destilada e álcool etílico PA em proporção 1:1 (v/v). Posteriormente, foram preparadas alíquotas de 200µL, inseridas em balão volumétrico de 10 mL para a quantificação de fenois totais. Amostras de 6 mL do extrato hidroalcoólico foram diluídas em 12 mL de água destilada junto a 1g de caseína bovina para a precipitação seletiva de taninos, que posteriormente ficaram em agitação durante 3 horas e em seguida a solução foi filtrada para balão volumétrico de 25 mL completado com água destilada e uma nova alíquota de 1 mL foi transferida para balão de 10 mL para posterior quantificação de fenois residuais (Alves, 2024; Lima, 2019).

Nas alíquotas de fenois totais e residuais foi adicionado 1,25 mL do reagente de Folin-Ciocalteu diluído (1:10) e as soluções permaneceram em repouso por 10 minutos. Em seguida, foram adicionados 5,0 mL de solução de carbonato de sódio (0,2 mg/mL), solução esta que apresentou pH ideal (10,2), já que a reação necessita

de meio alcalino. Posteriormente, as amostras foram incubadas por 30 minutos em temperatura ambiente e, em seguida, a absorbância foi lida em espectrofotômetro UV-Vis, no comprimento de onda de 760 nm (Lima, 2019).

Figura 2 - Fluxograma das etapas da metodologia de doseamento



Fonte: Autoral, 2025

3.4 Construção da Curva padrão

Foi construída uma curva-padrão utilizando soluções de ácido gálico (1,2 mg/mL) em concentrações de 26, 38, 50, 62, 74, 86 e 98 µg/mL. Em cada uma dessas soluções foi adicionado 1,25 mL do reagente de Folin-Ciocalteu diluído (1:10) e as soluções permaneceram em repouso por 10 minutos. Em seguida, foram adicionados 5,0 mL de solução de carbonato de sódio (0,2 mg/mL), solução esta que apresentou pH ideal (10,2), já que a reação necessita de meio alcalino. Posteriormente, as amostras foram incubadas por 30 minutos em temperatura ambiente e, em seguida, a absorbância foi lida em espectrofotômetro UV-Vis, no comprimento de onda de 760 nm (Lima, 2019; Alves, 2024).

3.5 Determinação do teor de taninos

As soluções do extrato vegetal foram submetidas ao mesmo procedimento utilizado para a curva-padrão e o teor de taninos foi expresso como miligramas equivalentes de ácido gálico por grama de extrato da estufa de circulação, liofilizado ou do *spray dryer* (mg EAG/g) (Lima, 2019).

3.6 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram analisados por meio do software Excel®. A linearidade da curva padrão foi avaliada por regressão linear simples, sendo considerado adequado um coeficiente de determinação (R^2) $\geq 0,99$ (Lima, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Curva de calibração com ácido gálico

Para a quantificação dos taninos totais presentes em *Parkinsonia aculeata*, inicialmente foi construída uma curva de calibração utilizando ácido gálico como padrão, empregando-se sete concentrações distintas que variaram de 26 a 98 µg/mL. A curva (tabela 1) demonstrou linearidade na faixa de concentração testada, gerando a equação da reta $y = 12,812x + 2,384$, com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,9915, que indica uma forte correlação entre absorbância e concentração. A amostra analisada, quando submetida ao mesmo método ($\lambda = 760$ nm), registrou uma absorvância de 0,668. Aplicando-se esse valor na equação da reta, obteve-se uma concentração equivalente de 10,942 µL/mL de solução estoque de ácido gálico. Após a devida conversão, isso correspondeu a 13,131 µg/mL de equivalentes de ácido gálico (EAG). Considerando o volume reacional de 10 mL, a massa total de taninos totais presentes no ensaio foi calculada em 0,131 mg EAG.

Figura 3 - Preparo das 7 amostras da curva de calibração mais a amostra de branco

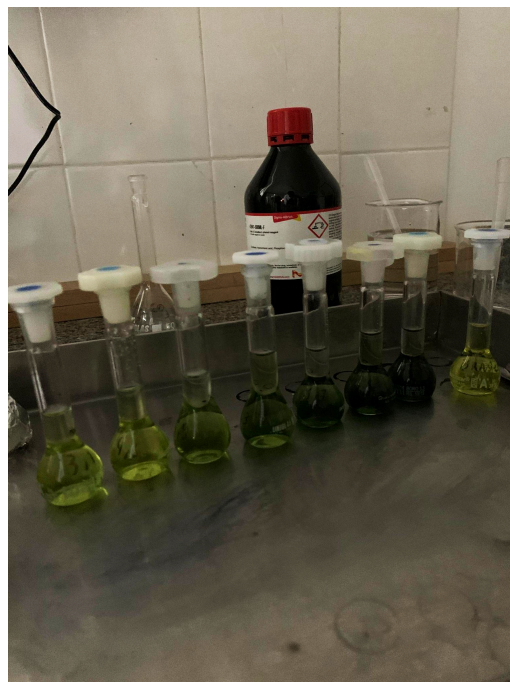
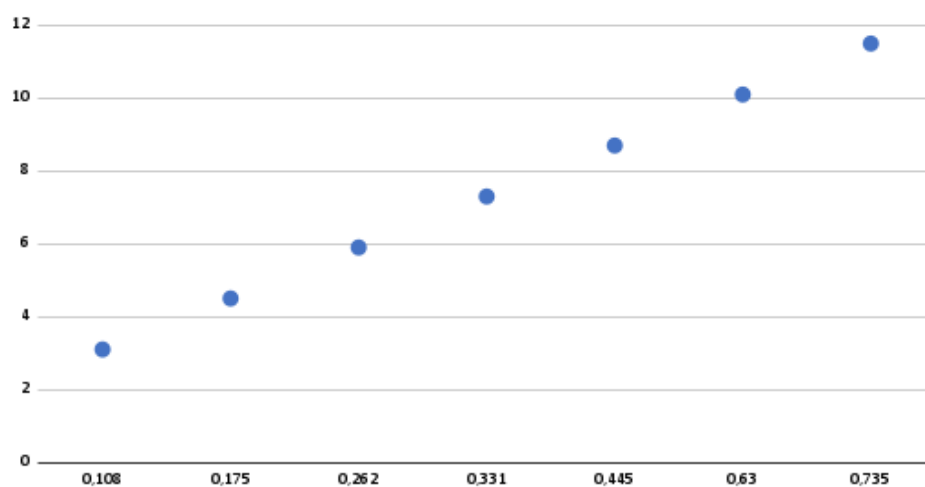


Tabela 1 - Dados da curva de calibração

Absorvância	Concentrações μL/mL
0,108	3,1
0,175	4,5
0,262	5,9
0,331	7,3
0,445	8,7
0,63	10,1
0,735	11,5

Fonte: Autoral, 2025.

Na curva do ácido gálico (figura 4) para dosagem de taninos totais pelo método de Folin-Ciocalteu, os pontos representam as médias de absorvância medidas em $\lambda = 760$ nm para diferentes concentrações do padrão. A linha contínua corresponde à reta de regressão linear, definida pela equação $y = 12,812x + 2,384$, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,9915$. (Eixo x indica as absorvâncias, eixo y as concentrações em μL/mL).

Figura 4 - Gráfico da curva de calibração do ácido gálico

Fonte: Autoral, 2025.

4.2 Extrato liofilizado

Para o extrato liofilizado (-50°C) de *Parkinsonia aculeata*, o teor de taninos foi determinado meticulosamente através do método de precipitação com caseína. Inicialmente, se observou uma absorvância de 0,668 para os fenóis totais. Aplicando-se a equação da curva padrão ($y = 12,812x + 2,384$), onde 'y' é a concentração e 'x' a absorbância, obteve-se:

- Fenóis Totais: $y = 12,812(0,668) + 2,384 = 10,942 \mu\text{L/mL}$
- Fenóis Residuais (após caseína): $y = 12,812(0,189) + 2,384 = 4,805 \mu\text{L/mL}$

Após a conversão utilizando o fator de 1,2 mg/mL da solução estoque de ácido gálico e considerando as massas específicas de extrato presentes em cada reação (0,000200 g para fenóis totais e 0,000240 g para fenóis residuais), os teores foram calculados em 656,54 mg EAG/g e 240,27 mg EAG/g, respectivamente. O teor final de taninos precipitados, dado pela diferença, foi de 416,27 mg EAG/g. Este valor é notável e indica *Parkinsonia aculeata* como uma fonte rica de taninos.

Ao contextualizar com a literatura, este teor mostra-se consideravelmente superior ao de espécies tradicionalmente reconhecidas pela forte presença de taninos, como a *Stryphnodendron adstringente*, conhecido popularmente como “barbatimão” (Oliveira., 2018). Além de valores superiores a *Libidibia ferrea*, que em seu extrato liofilizado obteve o teor 370,14 mg EAG/g (Lima, 2019).

4.3 Extrato seco pela estufa de circulação

O teor de taninos no extrato secado em estufa foi determinado a partir das absorvâncias medidas para os fenóis totais (0,528) e os fenóis residuais após precipitação com caseína (0,170). Aplicando-se a equação da curva padrão ($y = 12,812x + 2,384$), onde 'y' é a concentração e x a absorbância, obteve-se:

- Fenóis Totais: $y = 12,812(0,528) + 2,384 = 9,149 \mu\text{L/mL}$
- Fenóis Residuais: $y = 12,812(0,170) + 2,384 = 4,562 \mu\text{L/mL}$

Seguindo da conversão utilizando o fator 1,2 mg/mL e considerando as massas de extrato nas reações (0,000200 g para fenóis totais e 0,000240 g para fenóis residuais), os teores foram calculados em 548,92 mg EAG/g e 228,10 mg

EAG/g, respectivamente. A diferença entre esses valores, que representa o teor de taninos precipitados, foi de 320,82 mg EAG/g. Este resultado, como esperado, é inferior aos 416,27 mg EAG/g encontrados no extrato liofilizado. Essa diferença condiz com a literatura, que atribui a métodos envolvendo calor, como a secagem em estufa, uma maior degradação de compostos termolábeis, como os taninos. O processo de liofilização, por ocorrer a baixas temperaturas, é reconhecidamente mais eficaz na preservação da integridade desses metabólitos secundários (Zubaidi *et al.*, 2025).

Todavia, o teor obtido por meio desse extrato apresentou valores satisfatórios. No entanto, é importante notar que uma diferença da magnitude observada (cerca de 95 mg EAG/g) pode ser influenciada por outros fatores. Em um cenário ideal, os valores entre as diferentes técnicas deveriam ser mais próximos, sendo a diferença principal atribuída especificamente à sensibilidade ao calor (Narra *et al.*, 2024).

4.4 Extratos secos por *spray dryer*

4.4.1 Extrato preparado a 150°C

Para o extrato de *Parkinsonia aculeata* submetido à secagem por *spray dryer* a 150°C, o teor de taninos foi determinado meticulosamente através do método de precipitação com caseína. Inicialmente, se observou uma absorvância de 0,583 para os fenóis totais. Aplicando-se a equação da curva padrão ($y = 12,812x + 2,384$), onde 'y' é a concentração e 'x' a absorvância, obteve-se:

- Fenóis Totais: $y = 12,812(0,583) + 2,384 = 9,853 \mu\text{L/mL}$
- Fenóis Residuais (após caseína): $y = 12,812(0,141) + 2,384 = 4,190 \mu\text{L/mL}$

Após a conversão utilizando o fator de 1,2 mg/mL da solução estoque de ácido gálico e considerando a massa de 0,0002 g de extrato presente na reação, os teores foram calculados em 591,20 mg EAG/g e 209,52 mg EAG/g, respectivamente. Calculada a diferença entre fenóis totais e taninos precipitados, o extrator apresentou o teor de 381,68 mg EAG/g.

O teor obtido pelo extrato indica valores superiores ao de espécies tradicionalmente reconhecidas, como *Caesalpinia spinosa*, que tem teor de

aproximadamente 200 mg EAG/g (Araújo *et al.*, 2021). Sendo assim, o *spray dryer* a 150°C apresentou concentração de taninos superior ao de fontes consagradas. Tal abundância corrobora diretamente o potencial farmacológico e biotecnológico da planta.

Taninos nesta concentração, assim como no extrato liofilizado a -50°C podem preservar as atividades farmacológicas da espécie vegetal. A manutenção de um teor tão expressivo pode ser associada à eficiência do processo de *spray dryer*. Este método, embora envolva temperatura elevada de entrada (150°C), promove uma secagem extremamente rápida devido à atomização, formando partículas secas que encapsulam e protegem os compostos termossensíveis do calor prolongado (Zubaidi *et al.*, 2025). O resultado obtido indica o *spray dryer* como um método tecnologicamente viável e eficaz para a produção de um pó padronizado de *P. aculeata*, rico em taninos e com preservação de suas propriedades físico-químicas favoráveis.

4.4.2 Extrato seco a 170°C

Para o extrato de *Parkinsonia aculeata* submetido à secagem por *spray dryer* a 170°C, o teor de taninos foi determinado meticulosamente através do método de precipitação com caseína, de acordo com a metodologia usada. Logo, inicialmente, registrou-se uma absorvância de 0,381 para os fenóis totais, posteriormente aplicando-se a equação da curva padrão ($y = 12,812x + 2,384$), onde “y” é a concentração e “x” a absorbância, obteve-se:

- Fenóis Totais: $y = 12,812(0,381) + 2,384 = 7,265 \mu\text{L/mL}$
- Fenóis Residuais (após caseína): $y = 12,812(0,082) + 2,384 = 3,435 \mu\text{L/mL}$

Após posterior conversão utilizando o fator de 1,2 mg/mL da solução estoque de ácido gálico e considerando as massas específicas de extrato presentes em cada reação (0,0002 g para fenóis totais e 0,00024 g para fenóis residuais), os teores foram calculados em 435,92 mg EAG/g e 171,73 mg EAG/g, respectivamente. O teor final de taninos precipitados, dado pela diferença, foi de 264,19 mg EAG/g. Este valor, embora 30% inferior ao obtido a 150°C, ainda indica a presença considerável de taninos em *Parkinsonia aculeata*.

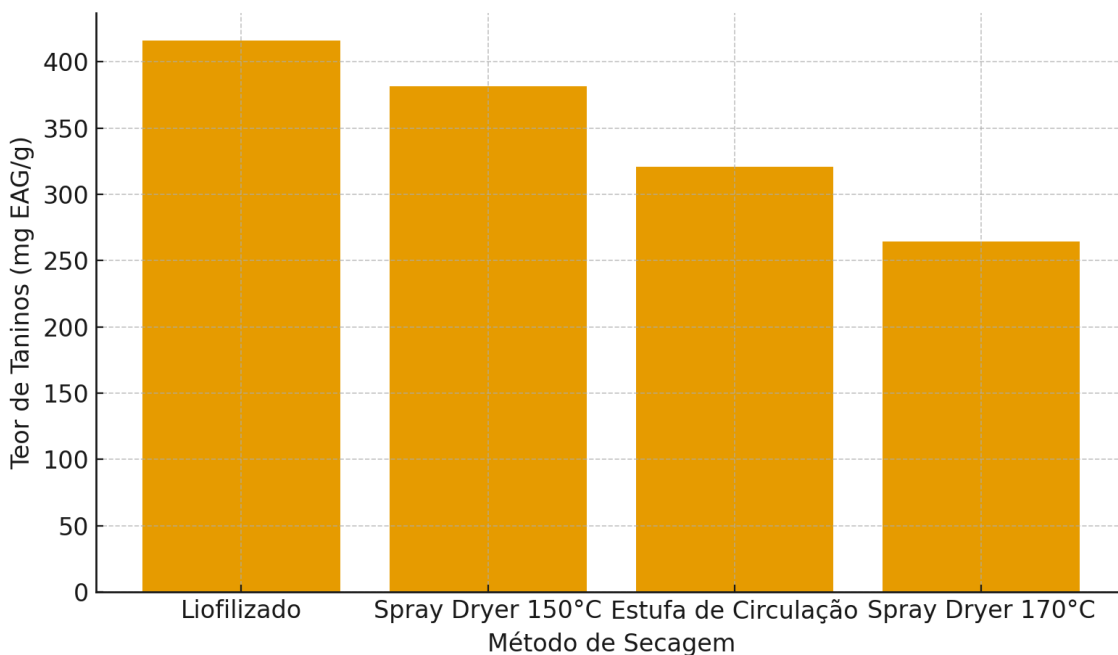
A redução no teor em comparação com a condição anterior sugere que o aumento da temperatura no processo de secagem pode ter promovido uma degradação térmica desses compostos (Lao *et al.*, 2017). A preservação de um teor relativamente significativo mesmo a 170 °C ressalta a estabilidade térmica dos taninos presentes na espécie e indica que a o *spray dryer* necessita de mais estudos além de testes de termogravimetria para se viabilizar o método a depender da temperatura utilizada.

Este dado é crucial para a otimização de processos industriais, indicando um balanço entre eficiência de secagem e preservação de compostos bioativos, onde temperaturas excessivas podem comprometer o potencial fitoterápico do produto final (Narra *et al.*, 2024).

4.5 Comparativo entre os extratos

Em suma, a presente investigação indica a possível riqueza fitoquímica presente em *Parkinsonia aculeata*, indicando-a como uma fonte rica de taninos, excepcionalmente os condensados (proantocianidinas), que são os taninos que se precipitam com a caseína. Teores que superam significativamente espécies tradicionalmente reconhecidas. O comparativo entre os métodos de secagem revelou a seguinte hierarquia de preservação do teor de taninos: Liofilizado -50°C (416,27 mg EAG/g) > *spray dryer* a 150°C (381,68 mg EAG/g) > Estufa de circulação 40~60°C (320,82 mg EAG/g) > *spray dryer* a 170°C (264,19 mg EAG/g). Esta distribuição de resultados é amplamente coerente com a literatura, que preconiza a superioridade da liofilização (devido à ausência de estresse térmico) e a sensibilidade dos taninos ao calor prolongado (evidenciada pela menor concentração no extrato da estufa de circulação e pela queda de aproximadamente 30% do *spray dryer* entre 150° e 170°C (Kolla *et al.*, 2021).

Figura 5 - Gráfico com o comparativo dos teores de taninos presentes nos extratos



Fonte: Autoral, 2025.

A quantificação do teor de taninos totais no extrato liofilizado de *Parkinsonia aculeata* resultou em um valor de 416,27 mg EAG/g. Em uma comparação direta com o extrato liofilizado de *Libidibia ferrea*, Lima (2019) reportou 370,14 mg EAG/g, sugerindo um potencial fitoquímico comparável entre as duas espécies, embora o presente estudo possa ter alcançado uma maior concentração de metabólitos, é imprescindível destacar que, para a confirmação da validade deste valor e o rigor dos dados, o método de doseamento empregado necessita de validação analítica. Além disso, tais resultados sugerem a eficácia da liofilização como método de secagem.

A diferença observada entre o teor das amostras, principalmente o teor inferior de taninos na amostra submetida 170°C no *spray dryer* pode ter sido magnificada por fatores extrínsecos à degradação térmica, além disso, a presença dos excipientes (Aerosil 10% e celulose microcristalina 101 10%) nas formulações secas por estufa e *spray dryer* introduz um potencial viés, visto que a homogeneidade da alíquota em relação à distribuição dos excipientes e do extrato é um fator crítico (Alyami *et al.*, 2017), ou seja, caso a amostragem não tenha sido perfeitamente representativa, a concentração final pode ter sido afetada.

Ademais, Martins *et al.* (2021) em um estudo sobre a quantificação de fenois totais presentes em extratos obtidos a partir das sementes de açaí (*Euterpe oleracea*), espécie que é rica em taninos condensados, demonstrou que a precipitação seletiva, como a com caseína, embora comum para esses metabólitos, pode falhar na especificidade e reduzir a acurácia, sustentando a hipótese de que existe variação na quantificação

Outras interferências metodológicas, como erros de pipetagem, precisão na pesagem das pequenas massas de extrato ou manipulação durante o complexo ensaio de precipitação com caseína, também são inerentes a análises fitoquímicas e podem ter contribuído para a variabilidade.

Nesse sentido, a reprodutibilidade dos dados seria substancialmente fortalecida por um estudo de validação de método, permitindo o cálculo de desvio padrão e limites de quantificação para este sistema extrativo-analítico.

Contudo, o teor considerável em todas as condições indica o potencial biotecnológico de *P. aculeata*, recomendando-a como matéria-prima promissora para futuras aplicações farmacêuticas, desde que o método de secagem seja otimizado para maximizar o rendimento e a estabilidade dos seus taninos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstrou que *Parkinsonia aculeata* constitui uma fonte excepcionalmente rica em taninos. A quantificação através do método de Folin-Ciocalteu associado à espectrofotometria UV-Vis revelou concentrações notáveis de taninos em todos os extratos analisados, com destaque para o extrato liofilizado, que apresentou o maior teor (416,27 mg EAG/g). A comparação entre os diferentes métodos de secagem permitiu estabelecer uma hierarquia clara de eficiência na preservação dos compostos fenólicos: liofilização (-50°C) > *spray dryer* a 150°C > estufa de circulação (40~60°C) > *spray dryer* a 170°C. Portanto, parte desta disparidade pode ser atribuída a variações inerentes ao processo analítico. A execução de triplicatas em futuras investigações é fortemente recomendada, permitindo o cálculo de média e desvio-padrão para uma afirmação mais segura sobre a significância da diferença observada. Além de testes de termogravimetria

para analisar a degradação térmica dos extratos de *P. aculeata*. Além disso, esta sequência corrobora a sensibilidade térmica dos taninos e evidencia a importância da seleção criteriosa das condições de processamento para maximizar a preservação dos compostos bioativos. A estabilidade desses metabólitos pode ser associada ao processo de liofilização. Este método, por ocorrer sob baixas temperaturas (-50°C), minimiza a degradação térmica e oxidativa, inerente a compostos sensíveis como os taninos. A superioridade do perfil fitoquímico do extrato liofilizado, quando contrastado com o da estufa de circulação e *spray dryer*, a vantagem quantitativa, pode fornecer um maior potencial bioativo, por conta da maior disponibilidade de taninos. Este resultado indica a liofilização como o método de eleição para o processamento desta espécie visando à exploração dos seus taninos. Todavia, são necessários estudos subsequentes com metodologia analítica validada para a quantificação dos taninos presentes nos extratos dessa espécie vegetal. Em síntese, este trabalho sugere *Parkinsonia aculeata* como matéria-prima com potencial para o desenvolvimento de fitoterápicos, reforçando a importância da biodiversidade brasileira como fonte de compostos bioativos com aplicações terapêuticas promissoras.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. P. **Desenvolvimento de nanopartículas com extrato de amoreira (*Morus nigra* L.) como estratégia terapêutica contra a hipertensão arterial.** 2024. 264 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

ALYAMI, H. et al. **An investigation into the effects of excipient particle size, blending techniques and processing parameters on the homogeneity and content uniformity of a blend containing low-dose model drug.** *PLOS ONE*, v. 12, n. 6, p. e0178772, 2017. DOI:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178772>.

BRUS, M. et al. **Effect of Hydrolyzable Tannins on Glucose-Transporter Expression and Their Bioavailability in Pig Small-Intestinal 3D Cell Model.** *Molecules*, v. 26, n. 2, p. 345, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26020345>.

BARTHWAL, R. et al. **Exploring the significance, extraction, and characterization of plant-derived secondary metabolites in complex mixtures.** *Metabolites*, v. 14, n. 2, p. 119, 2024. DOI: [10.3390/metabo14020119](https://doi.org/10.3390/metabo14020119).

CESAR, T. et al. **Citrus flavonoid supplement enhances glycemic and metabolic control in prediabetic patients on metformin: a randomized controlled trial.** *Frontiers in Nutrition*, v. 12, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1420210>.

CHEN, G. L. et al. **Total phenolic contents of 33 fruits and their antioxidant capacities before and after in vitro digestion.** *Industrial Crops and Products*, v. 57, p. 150–157, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.03.018>.

COSME, F. et al. **A Comprehensive Review of Bioactive Tannins in Foods and Beverages: Functional Properties, Health Benefits, and Sensory Qualities.** *Molecules*, v. 30, n. 4, p. 800, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules30040800>.

DA SILVA JÚNIOR, M. E.; et al. **Microencapsulation by spray-drying and freeze-drying of extract of phenolic compounds obtained from ciriguela peel.**

Scientific Reports, v. 13, n. 1, 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-40390-4.

ELNAKER, N. et al. **A metabolomics approach to evaluate the effect of lyophilization versus oven drying on the chemical composition of plant extracts.** *Scientific Reports*, v. 11, n. 1, p. 22679, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-02158-6.

FALCÃO, L. et al. **Vegetable tannins used in the manufacture of historic leathers.** *Molecules*, v. 23, n. 5, p. 1081, 2018. DOI: 10.3390/molecules23051081.

FRANCO, E. S. et al. **Polar fraction from *Parkinsonia aculeata* aerial parts extract improves imbalanced metabolic profile and reduces proinflammatory interleukin levels in white adipose tissue in obese rats induced by western diet.** *Journal of Ethnopharmacology*, v. 282, p. 114557, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114557>.

HASSAN, W. H. B. et al. **Chemical Composition and Biological Activities of the Aqueous Fraction of *Parkinsonia aculeata* L. Growing in Saudi Arabia.** *Arabian Journal of Chemistry*, v. 12, n. 3, p. 377–387, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.08.005>.

HUANG, J. et al. **Tannins as Antimicrobial Agents: Understanding Toxic Effects on Pathogens.** *Toxicon*, v. 247, p. 107812, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2024.107812>.

JING, W. et al. **Pharmacological effects and mechanisms of tannic acid.** *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v. 154, p. 113561, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113561>.

KOLLA, M. C. et al. **Effect of different drying methods and storage conditions on physical, nutritional, bioactive compounds and antioxidant properties of doum (*Hyphaene thebaica*) fruits.** *Heliyon*, v. 7, n. 4, p. e 06678, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06678>.

LAO, F. et al. **The effect of pigment matrix, temperature and amount of carrier on the yield and final color properties of spray dried purple corn (*Zea mays* L.) cob anthocyanin powders.** *Food Chemistry*, v. 227, p. 376–382, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.116>.

LEITE, A. C. R. et al. **Parkinsonia aculeata aqueous extract fraction: Biochemical studies in alloxan-induced diabetic rats.** *Journal of Ethnopharmacology*, v. 111, n. 3, p. 547–552, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.10.011>.

LEITE, P. et al. **Recent progress in phytotherapy: A Brazilian perspective.** *European Journal of Integrative Medicine*, v. 41, p. 101270, Dez. 2021. DOI: [10.1016/j.eujim.2020.101270](https://doi.org/10.1016/j.eujim.2020.101270).

LIMA, D. V. **Potencial antidiabético de Libidibia ferrea: uma revisão integrativa.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Farmácia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

LIMA, M. J. S. **Desenvolvimento de formas farmacêuticas à base do extrato seco da casca do caule de Libidibia ferrea (Mart. ex Tul.) como alternativa no tratamento do diabetes mellitus.** 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

MARTINS, G. R. et al. **A validated Folin-Ciocalteu method for total phenolics quantification of condensed tannin-rich açai (Euterpe oleracea Mart.) seeds extract.** *Journal of Food Science and Technology*, v. 58, n. 12, p. 4693–4702, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04954-w>.

MOHAMMED, M. D. et al. **Antimicrobial in vitro activities of condensed tannin extracts on avian pathogenic Escherichia coli.** *Letters in Applied Microbiology*, v. 70, n. 3, p. 165–172, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/lam.13254>.

NADY, B et al. **Molecular Targets of Tannic Acid in Alzheimer's Disease.** *Current Alzheimer Research*, v. 14, n. 8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.2174/1567205014666170502161047>.

NARRA, F. et al. **Impact of thermal processing on polyphenols, carotenoids, glucosinolates, and ascorbic acid in fruit and vegetables and their cardiovascular benefits.** *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 23, n. 6, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13439>.

OLIVEIRA, L. et al. **Estimativa de produção de taninos da casca de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville.** *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 10, n. 1, p. 36-44, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000600020>

PIAZZA, S. et al. **Hydrolyzable Tannins in the Management of Th1, Th2 and Th17 Inflammatory-Related Diseases.** *Molecules*, v. 27, n. 21, p. 7593, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27217593>.

RAVINDRANATHAN, P. et al. **Oligomeric proanthocyanidins (OPCs) from grape seed extract suppress the activity of ABC transporters in overcoming chemoresistance in colorectal cancer cells.** *Carcinogenesis*, v. 40, n. 3, p. 412–421, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/carcin/bgy183>.

RUIZ, G. et al. **A lack of bioactive predictability for marker compounds commonly used for herbal medicine standardization.** *PLoS One*, v. 11, n. 7, e0159857, 2016. DOI: [10.1371/journal.pone.0159857](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159857).

SANTOS, F. S. D. **Tradições populares de uso de plantas medicinais na Amazônia.** *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 6, p. 919-939, 2000. DOI: [10.1590/S0104-59702000000500009](https://doi.org/10.1590/S0104-59702000000500009).

STROMSNES, K. et al. **Pharmacological Properties of Polyphenols: Bioavailability, Mechanisms of Action, and Biological Effects in In Vitro Studies, Animal Models, and Humans.** *Biomedicines*, v. 9, n. 8, p. 1074, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomedicines9081074>.

WANG, Y. et al. **Changes in marker secondary metabolites revealed the medicinal parts, harvest time, and possible synthetic sites of *Rubia cordifolia* L.** *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 203, p. 108024, 2023. DOI: [10.1016/j.plaphy.2023.108024](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108024).

XIA, Z. et al. **Unraveling the mechanism of thermal and thermo-oxidative degradation of tannic acid.** *Thermochimica Acta*, v. 605, p. 77-85, 2015. DOI: [10.1016/j.tca.2015.02.016](https://doi.org/10.1016/j.tca.2015.02.016).

XU, M. et al. **Glucosyltransferase activity-based screening identifies tannic acid as an inhibitor of *Streptococcus mutans* biofilm**. *Frontiers in Microbiology*, v. 16, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1536254>.

YANG, L. et al. **Proanthocyanidins against Oxidative Stress: From Molecular Mechanisms to Clinical Applications**. *BioMed Research International*, v. 2018, p. 1–11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/8584136>.

ZUBAIDI, M. A. et al. **Effects of drying techniques and carriers on polyphenol content, antioxidant capacity, and physical properties of elderberry juice powder**. *Food chemistry*, v. 487, p. 144686, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.144686>.