



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDA FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

LEANDRO PEREIRA DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA, QUÍMICA E NUTRICIONAL FOLIAR DE
***Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz ASSOCIADA À SUA FENOFASE**

AREIA

2022

LEANDRO PEREIRA DE OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA, QUÍMICA E NUTRICIONAL FOLIAR DE
Poincianella pyramidalis (Tul.) L. P. Queiroz ASSOCIADA À SUA FENOFASE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Comitê de orientação:

Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade – orientador principal

Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros – coorientador interno

Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães – coorientador externo

AREIA

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

O48c Oliveira, Leandro Pereira de.
Caracterização anatômica, química e nutricional foliar de *Poincianella pyramidalis* (tul.) L. P. Queiroz associada à sua fenofase / Leandro Pereira de Oliveira.
- Areia:UFPB/CCA, 2022.
58 f. : il.

Orientação: Albericio Pereira de Andrade.
Coorientação: Ariosvaldo Nunes de Medeiros, André Luiz Rodrigues Magalhães.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. Ruminantes. 3. Metabólitos secundários. 4. Caatinga. 5. Semiárido. I. Andrade, Albericio Pereira de. II. Medeiros, Ariosvaldo Nunes de. III. Magalhães, André Luiz Rodrigues. IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(043.2)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA
UFPB – UFC

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE

TÍTULO: “CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA, QUÍMICA E NUTRICIONAL FOLIAR DE *Poincianella pyramidalis* (TUL.) L. P. QUEIROZ ASSOCIADA À SUA FENOFASE”

AUTOR: LEANDRO PEREIRA DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

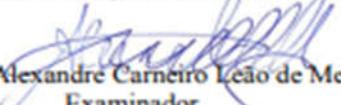
EXAMINADORES:


Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade
Presidente

Universidade Federal da Paraíba/UFPB


Profa. Dra. Pedro Gregório Vieira Aquino
Examinador

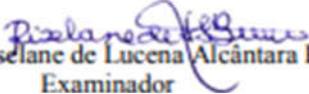
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco /UFAPE


Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello
Examinador

Universidade Federal Rural do Pernambuco/UFRPE


Prof. Dr. Divan Soares da Silva
Examinador

Universidade Federal da Paraíba/UFPB


Profa. Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno
Examinador

Universidade Federal da Paraíba /UFPB

Areia, 26 de fevereiro de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LEANDRO PEREIRA DE OLIVEIRA – filho de Luiza Pereira de Oliveira e Rosivaldo de Oliveira, nasceu na cidade de Arapiraca - AL, em 20 de junho de 1990. Em fevereiro de 2009, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca, onde desenvolveu atividades de monitoria, extensão e estágios extracurriculares na Universidade Federal de Viçosa-MG e na Universidade Federal da Paraíba-PB. Em fevereiro de 2014, recebeu o título de Bacharel em Zootecnia. No mês seguinte, ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, no qual recebeu o título de “*Magister Scientiae*” em fevereiro de 2016. No mês seguinte, iniciou sua trajetória no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia na cidade de Areia-PB. Em fevereiro de 2021 submeteu-se à defesa de tese para obtenção do título de “*Doctor Scientiae*”.

*A **Deus** acima de tudo.*

*A minha amada **mãe Luiza**, meus queridos **irmãos Layza e Lucas**.*

*Ao meu amado pai **Rosivaldo** (in memoriam) que tanto sonhou com minha formação acadêmica.*

*A minha esposa **Wenne Kelly** pelo apoio e motivação.*

*As minhas amadas filhas **Heloísa e Sarah**, razão do meu viver.*

*Aos meus **amigos** de todas as horas.*

A todos que me apoiaram e me motivaram.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por renovar minha fé e força a cada dia e fazer-me persistir mesmo quando os obstáculos pareciam impossíveis de ultrapassar.

A minha mãe Luiza por me fortalecer com seu amor incomparável, por me incentivar, ajudar e apoiar nas minhas decisões durante essa caminhada. Aos meus irmãos Layza e Lucas pelo amor compartilhado e pelas confidências.

A toda minha família por todo carinho, apoio e incentivo.

A minha amada esposa Wenne por ser uma pessoa especial em minha vida, por estar sempre ao meu lado me apoiando e por ter me incentivado todas as vezes que fiquei cabisbaixo. Em especial as minhas filhas, Heloisa e Sarah, que sempre me motivaram para sempre lutar, amo vocês.

Ao meu orientador, Prof. Alberício, pelos ensinamentos, incentivos, e acima de tudo, pela confiança na execução deste trabalho. A ele agradeço pela amizade construída durante toda minha trajetória na pós-graduação e pelo exemplo de competência profissional e pela pessoa que é. Agradeço por toda motivação, incentivo e por não desacreditar da minha pessoa.

Aos professores da banca examinadora, pelas valiosas contribuições a este trabalho.

À todos os professores do Curso de Pós-Graduação, pelas horas dedicadas.

Aos Professores André e Ariosvaldo, pela valiosa ajuda com os equipamentos cedidos para a realização das análises laboratoriais.

Aos Professores Karina Randau e Luiz Soares, e demais membros do grupo de pesquisa em farmacognosia pelo acolhimento e dedicação na execução da pesquisa.

À amiga Ana Lúcia, por ter paciência em me passar ensinamentos quanto às análises laboratoriais, pela saudável convivência durante toda minha trajetória, meu muito, muito obrigado.

Aos PNPd's Fernando e Roberta pela valiosa contribuição na correção deste trabalho, muitíssimo obrigado, que Deus abençoe grandemente vocês.

Aos amigos: Wanderson, Italvan, Jéssica, e demais amigos de turma, pela saudável convivência e apoio durante o decorrer do curso.

À Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade de participar do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual não seria possível a realização deste curso.

A todos os funcionários do CCA-UFPB, pelo acolhimento e convívio agradável. Aos funcionários da Estação experimental de São João do Cariri.

Enfim, a todas as pessoas que, de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

⁹ *Não te mandei eu? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.*

(Josué 1, 9)

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA, QUÍMICA E NUTRICIONAL FOLIAR DE *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz ASSOCIADA À SUA FENOFASE

RESUMO

A *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz é uma árvore cuja folhagem é consumida por ruminantes domésticos na estação seca, para que esta planta seja adequadamente explorada, a avaliação dos parâmetros quantitativos e qualitativos da forragem precisa ser estudada, pois contribui para o aumento da eficiência pecuária local. Apesar do aumento das pesquisas voltadas para a produção animal sustentável na Caatinga, ainda não se conhece o real potencial de produção pecuária, talvez pelo desconhecimento de como se comportam as espécies da vegetação nativa. Desta forma, o objetivo com este trabalho é caracterizar sobre o potencial uso de *P. pyramidalis* na produção animal, desde suas características anatomorfológicas, histoquímica e nutricionais. As amostras de folha foram coletadas em diferentes fenofases, compreendidas em folhas jovens, folhas expandidas e folhas senescentes (serapilheira) para análises anatômicas, morfológicas, fitoquímicas e bromatológicas. Os folíolos de *P. pyramidalis* apresentam padrão anatômico distinto e diferenças na histolocalização dos grupos de metabólitos secundários de acordo com os estádios de desenvolvimento. As características anatômicas das folhas favorecem a degradabilidade ruminal, mas a presença de metabólitos secundários pode limitar seu aproveitamento. Com o estudo fitoquímico percebe-se a presença de grupos de metabólitos secundários de interesse farmacêutico e características químicas que são relevantes na produção e bem-estar animal. A folha jovem e a folha senescente apresentam melhor composição químico-bromatológica. A folha senescente se destaca por conter maior teor de carboidratos possíveis de serem utilizados pelos microrganismos ruminais e reflete em maior disponibilidade de energia para o animal. A *P. pyramidalis* é uma importante fonte alimentar para os animais na região Semiárida.

Palavras-chave: ruminantes; metabólitos secundários; caatinga; semiárido

**ANATOMICAL, CHEMICAL AND NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF
Poincianella pyramidalis (Tul.) L. P. Queiroz ASSOCIATED WITH ITS PHENOPHASE**

ABSTRACT

The *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz is a tree whose foliage is consumed by domestic ruminants in the dry season. local livestock efficiency. Despite the increase in research aimed at sustainable animal production in the Caatinga, the real potential for livestock production is still not known, perhaps due to the lack of knowledge of how native vegetation species behave. Thus, the objective of this work is to characterize the potential use of *P. pyramidalis* in animal production, from its anato-morphological, histochemical and nutritional characteristics. Leaf samples were collected in different phenophases, comprising young leaves, expanded leaves and senescent leaves (litter) for anatomical, morphological, phytochemical and bromatological analyses. The leaflets of *P. pyramidalis* present a distinct anatomical pattern and differences in the histolocation of the groups of secondary metabolites according to the stages of development. The anatomical characteristics of the leaves favor rumen degradability, but the presence of secondary metabolites may limit its use. The phytochemical study reveals the presence of groups of secondary metabolites of pharmaceutical interest and chemical characteristics that are relevant in animal production and welfare. The young leaf and the senescent leaf present better chemical-bromatological composition. The senescent leaf stands out for containing the highest carbohydrate content possible to be used by ruminal microorganisms and reflects in greater availability of energy for the animal. *P. pyramidalis* is an important food source for animals in the semiarid region.

Keywords: ruminants; secondary metabolites; caatinga; semiarid

LISTA DE TABELAS

Caracterização anatômica e histoquímica de folíolos de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz: implicações para fins forrageiros

Tabela 1.1. Reagentes e reação/coloração para detecção dos grupos químicos na análise histoquímica	26
Tabela 1.2. Análise histoquímica em folíolos jovens, expandidos e senescentes de <i>P. pyramidalis</i>	31

Caracterização fitoquímica de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz em diferentes fases fenológicas

Tabela 2.1. Sistemas cromatográficos empregados na prospecção fitoquímica foliar de <i>Poincianella pyramidalis</i>	39
Tabela 2.2. Triagem fitoquímica preliminar de folhas de <i>Poincianella pyramidalis</i> em diferentes fenofases.....	41
Tabela 2.3. Teores de ácido elágico e rutina calculados nas folhas de <i>Poincianella pyramidalis</i> em diferentes fenofases.....	44

Características nutricionais e cinética de produção de gases *in vitro* de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz em diferentes fases fenológicas

Tabela 3.1 Composição químico-bromatológica de folhas em fenofases diferentes de <i>Poincianella pyramidalis</i>	52
Tabela 3.2 Fracionamento de carboidratos de folhas de <i>Poincianella pyramidalis</i> em diferentes fenofases.....	54
Tabela 3.3 Cinética de produção de gases <i>in vitro</i> de folhas em fenofases diferentes de <i>Poincianella pyramidalis</i>	55

LISTA DE FIGURAS

Caracterização anatômica e histoquímica de folíolos de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz: implicações para fins forrageiros

Figura 1.1 Plantas de <i>P. pyramidalis</i> na estação chuvosa (A) e na estação seca (B). Folhas nas fenofases jovem (C), expandida (D) e senescente (E).	25
Figura 1.2 Distribuição da precipitação pluvial no ano de 2018 na área de coleta.	25
Figura 1.3 Secções paradérmicas em folhas de <i>P. pyramidalis</i> : Jovem (A-B); Expandida (C-D); Senescente (E-F). Adaxial (A,C,E). Abaxial (B, D, F). Estômatos (seta).	27
Figura 1.4 Secções transversais em folhas de <i>P. pyramidalis</i> : Jovem (A-B); Expandida (C-D); Senescente (E-F). epi=epiderme, pp=parênquima paliçádico, pe=parênquima esponjoso, esc=esclerênquima, xil=xilema, flo=floema, est=estômatos, fvs=feixe vascular secundário. Tricomas tectores (setas tracejadas).	28
Figura 1.5 Secções transversais de folhas jovens (A-B) expandidas (C-D) e senescentes (E-F) de <i>P. pyramidalis</i> . cs=cavidade secretora. Os tricomas pedunculares estão sinalizados por setas.	29
Figura 1.6 Microscopia de polarização de secções transversais de folhas jovem (A), expandidas (B-C) e senescentes (D-E) de <i>P. pyramidalis</i>	30
Figura 1.7 Histoquímica da folha jovem de <i>P. pyramidalis</i> : Controle (A); Floroglucinol (B); Dicromato de potássio 10% (C); Lugol (D); Sudan III (E); Tricloreto de antimônio (F).	31
Figura 1.8 Histoquímica da folha expandida de <i>P. pyramidalis</i> : Controle (A); Dicromato de potássio 10% (B); Floroglucinol (C); Sudan III (D); Tricloreto de antimônio (E).	32
Figura 1.9 Histoquímica da folha senescente de <i>P. pyramidalis</i> : Controle (A); Dicromato de potássio 10% (B); Floroglucinol (C); Sudan III (D); Tricloreto de antimônio (E).	33

Caracterização fitoquímica de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz em diferentes fases fenológicas

Figura 2.1 Plantas de <i>P. pyramidalis</i> na estação chuvosa (A) e na estação seca (B). Folhas nas fenofases jovem (C), expandida (D) e senescente (E).	38
Figura 2.2 Cromatograma para avaliação de Polifenóis (taninos hidrolisáveis) (A), Taninos Condensados (B), Flavonoides e Derivados Cinâmicos (C), Terpenos e Esteroides (D), Antraquinonas (E), Saponinas (F), Açúcares Redutores (G) e Alcalóides (H) em folhas de <i>Poincianella pyramidalis</i> . Amostra (A). Padrão (P).	40
Figura 2.3 Cromatograma (em 350nm) das amostras de folhas de <i>Poincianella pyramidalis</i> em diferentes fenofases.	42
Figura 2.4 Cromatograma (em 350 nm) das amostras de folhas de <i>Poincianella pyramidalis</i> em diferentes fenofases (A) e dos padrões de rutina e ácido elágico após co-injeção (B).	43
Figura 2.5 Espectros de varredura dos picos referentes à presença de rutina e ácido elágico nas amostras de folhas de <i>Poincianella pyramidalis</i> em diferentes fenofases.	43

Características nutricionais e cinética de produção de gases in vitro de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz em diferentes fases fenológicas

Figura 3.1 Distribuição da precipitação pluvial no ano de 2018 na área de coleta das amostras.	49
--	----

Figura 3.2 A- Planta estudada. B- Coletores das folhas senescentes. C- Folha jovem. D- Folha expandida. E- Folhas senescentes.	50
Figura 3.3 Volume de gases produzidos em incubação <i>in vitro</i> de folhas de <i>Poincianella pyramidalis</i> em diferentes fenofases.....	55

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
CAPÍTULO 1.....	22
Caracterização anatômica e histoquímica de folíolos de <i>Poincianella pyramidalis</i> (tul.) L. P. Queiroz: implicações para fins forrageiros	
RESUMO	22
ABSTRACT	23
INTRODUÇÃO.....	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
CAPÍTULO 2.....	36
Caracterização fitoquímica de <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L. P. Queiroz em diferentes fases fenológicas	
RESUMO	36
ABSTRACT	36
INTRODUÇÃO.....	37
MATERIAL E MÉTODOS.....	37
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
CAPÍTULO 3.....	47
Características nutricionais e cinética de produção de gases in vitro de <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L. P. Queiroz em diferentes fases fenológicas	
RESUMO.....	48
ABSTRACT	47
INTRODUÇÃO.....	48
MATERIAL E MÉTODOS.....	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
CONCLUSÃO.....	56

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES	58

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A produção animal no Semiárido brasileiro, principalmente de pequenos ruminantes, tem como seu principal suporte forrageiro as espécies vegetais presente na Caatinga. A *Poincianella pyramidalis* (catingueira) é uma das espécies mais importantes em se tratando de produção animal extensivo, devido seu potencial forrageiro, contribuindo na época seca com sua serapilheira, na qual, à medida que a estação seca se inicia, as folhas se tornam cada vez mais importante na contribuição na alimentação dos animais ruminantes. Em decorrência da irregularidade na oferta dos recursos forrageiros dessa vegetação, em quantidade e em qualidade, a produção de ruminantes fica comprometida devido à intensa dependência da vegetação nativa da Caatinga como a principal fonte alimentar dos animais.

A avaliação das espécies forrageiras produzidas na Caatinga com potencial para a alimentação de ruminantes torna-se essencial para o aumento da eficiência pecuária da região. Muitos vegetais, apesar de apresentarem alto valor nutricional, quando analisados no que diz respeito as suas características anatômicas, histoquímicas, fitoquímicas e bromatológicas, possuem características que não permitem uma boa digestibilidade por parte dos animais. Sabe-se que os fatores antinutricionais presentes no alimento são substâncias que reduzem ou impedem a utilização de um nutriente, seja na digestão, seja no metabolismo, sendo eles, compostos fenólicos, compostos lipofílicos, alcaloides e demais grupos.

Com a escassez de informações que nos permita avaliar, ou até mesmo utilizar determinado alimento na produção de ruminantes, tornam-se necessárias pesquisas que preencham essas lacunas de informações. Com isso, o objetivo com esse trabalho é avaliar as características anatômicas (organização das células, presença de cutícula, desenvolvimento dos tecidos, etc.), histoquímicas (localização dos grupos químicos), fitoquímica (detecção dos compostos químicos) e bromatológicas (composição química, degradação, digestão etc.).

REFERENCIAL TEÓRICO

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA, QUÍMICA E NUTRICIONAL FOLIAR DE *POINCIANELLA PYRAMIDALIS* (Tul.) L. P. Queiroz ASSOCIADA À SUA FENOFASE

O Semiárido brasileiro possui 1.128.697 km² que se estendem por todos os estados do Nordeste e norte do estado de Minas Gerais no Sudeste do país, (SUDENE, 2017), tendo a Caatinga como sua principal formação vegetal, a qual possui seus limites inteiramente restritos ao território brasileiro (HOLANDA et al., 2015).

A exploração silvipastoril é um dos sistemas de uso da terra mais tradicionais na Caatinga (Marinho et al, 2016). Devido a grande diversidade de espécies vegetais existentes, muitas espécies com potencial forrageiro ainda não foram suficientemente estudadas. Dentre elas a *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz, uma árvore cuja folhagem é consumida por ruminantes domésticos na estação seca. Todavia, para que esta planta seja adequadamente explorada, a avaliação dos parâmetros quantitativos e qualitativos da forragem precisa ser estudada, pois contribui para o aumento da eficiência pecuária local.

Apesar do aumento das pesquisas voltadas para a produção animal sustentável na Caatinga, ainda não se conhece o real potencial de produção pecuária, talvez pelo desconhecimento de como se comportam as espécies da vegetação nativa. Plantas forrageiras arbóreas, por exemplo, tem sido caracterizadas quanto à composição químico-bromatológica, com destaque para o seu valor proteico. Todavia, é importante ressaltar que parte dos nutrientes, inclusive as proteínas, se encontram complexados com a parede celular e compostos secundários, tornando-os indisponíveis para os animais (SANTANA et al., 2011). Desta forma, o objetivo com este trabalho é caracterizar sobre o potencial uso de *Poincianella pyramidalis* na produção animal, desde suas características anatomo-morfológicas, histoquímica e nutricionais.

O Semiárido brasileiro abriga uma população de 27,8 milhões de habitantes (SUDENE, 2017). Seu clima caracteriza-se como quente e seco, e duas estações significativas, a chuvosa e a seca, tendo isoietas situadas entre 300-800 mm e chuvas concentradas entre 3-4 meses, favorecendo um déficit hídrico negativo (ARAÚJO FILHO et al., 1995).

O sistema de produção de ruminantes da região Semiárida tem a vegetação nativa como o principal suporte forrageiro, e enfrenta desafios com relação à sazonalidade na oferta de

forragem (SILVA et al., 2013). A Caatinga possui um contingente elevado de plantas forrageiras em seus estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo, mas segundo Araújo Filho (2013), a disponibilidade de forragem em qualquer estação do ano é baixa, pois, na estação chuvosa a forragem é abundante e de boa qualidade nutritiva, mas encontra-se, em sua quase totalidade, fora do alcance dos animais, devido à altura do dossel arbóreo-arbustivo. E na época seca, a forragem ao alcance dos animais é abundante, devido à queda das folhas das espécies caducifólias, mas sua qualidade nutricional é muito baixa, limitando o consumo.

Poincianella pyramidalis (Tul.) L.P. Queiroz (catingueira, catinga-de-porco) é uma árvore da família Fabaceae, típica dos estágios intermediários da sucessão secundária da Caatinga. É uma planta comum em toda a Caatinga em estágio intermediário de sucessão secundária. Sua altura pode variar de 3 a 10 m, dependendo das condições físicas do ambiente e nível de perturbação, uma vez que, se cortada, ao brotar atinge menor porte e vários troncos. Indivíduos de porte pequeno são mais frequentes devido à raridade de plantas de idade avançada. Uma característica marcante nessa espécie é o odor exalado das folhas maceradas, justificando seu nome popular. A vagem é achatada, lenhosa (dura) pontuda, com 5-7 sementes que são lançadas longe quando a vagem abre bruscamente de forma elástica, se contorcendo. Com caducifolia tardia, seu ciclo fenológico se verifica durante a época das chuvas, com o início da dormência em plena estação seca (CASTRO; CAVALCANTE, 2011).

P. pyramidalis está amplamente distribuída na Caatinga com elevados valores de frequência e densidade relatados em avaliações florísticas e fitossociológicas (SANTOS & SANTOS, 2010; NASCIMENTO JÚNIOR, 2018). A fenologia desta espécie está intimamente relacionada à disponibilidade hídrica, ambos os autores constataram que a distribuição da precipitação pluvial tem influência direta sobre as fenofases (Amorim et al., 2009; Sousa, 2011).

A composição química da *P. pyramidalis* foi estudada por MENDONÇA JÚNIOR et al., 2008; OLIVEIRA, 2016; MACÊDO, 2018), embora ainda haja a necessidade de mais pesquisas devido a variação que ocorre entre os resultados, de local para local, de solo para solo, pois sua composição química é reflexo das condições edafoclimáticas do ambiente em que se encontra.

As folhas verdes de *P. pyramidalis* são consumidas pelos animais, principalmente no início das chuvas, quando começam a emergir, momento no qual o odor ainda não é tão intenso (NASCIMENTO et al., 2002) e isso parece melhorar o índice de consumo voluntário (Damasceno et al., 2010). Além de apresentar grande participação na dieta de ovelhas em

pastagem nativa (Araújo, 2015) o feno da *P. pyramidalis* apresenta valor nutritivo e consumo voluntário satisfatório para compor a dieta desses animais (Gonzaga Neto et al. 2001).

Além de potencial forrageiro, a *P. pyramidalis* apresenta características fitoquímicas que são de interesse para a produção animal e para a indústria farmacêutica. Saraiva (2007) detectou a presença de compostos fenólicos, flavonoides, esteroides e derivados cinâmicos em amostras de folha, caule, raiz, flor, fruto, enquanto Silva et al (2012), observaram a presença de antocianinas, esteróis, flavonoides, cumarinas, terpenos, alcaloides, antraquinonas e saponinas.

Mais estudos fitoquímicos com *P. pyramidalis* demonstraram atividade antibacteriana (RIBEIRO et al., 2013), antifúngica (BARBOSA JÚNIOR et al., 2015), antioxidante (SILVA et al., 2011), antiulcerogênica e gastroprotetora (DINIZ et al., 2015), anti- inflamatória (MORAES et al., 2013), antinociceptiva (SANTOS et al., 2013).

Embora essas atividades biológicas tenham relevante interesse na produção animal no Nordeste do Brasil, a sua ingestão está frequentemente associada com a ocorrência de problemas reprodutivos em pequenos ruminantes, além de surtos e casos esporádicos de intoxicação espontânea. Por exemplo, Correia et al. (2017) avaliando o efeito do consumo voluntário de *P. pyramidalis* em ovinos e observaram que 76 % dos cordeiros nascidos apresentavam malformações congênitas, 16 % de abortos e 33 % de retenção de placenta, todavia o princípio tóxico de *P. pyramidalis* responsável pelas alterações reprodutivas ainda é desconhecido, mas os flavonoides de forma isolada ou juntamente com outros princípios talvez possam ser os responsáveis (LOPES & MARUO, 2014).

O estresse oxidativo promove condições patológicas crônicas em várias espécies animais, na qual tem sido investigada exaustivamente. O estresse oxidativo tem sido envolvido em várias patologias, incluindo condições que são relevantes na produção animal e bem-estar do animal (AL-QUDAH & ISMAIL, 2012). Doenças comuns, tais como broncopneumonia em bezerros (ALQUDAH, 2009), obstrução das vias respiratórias recorrentes em equinos (DEATON et al., 2005), pneumonia e septicemia em suínos (BASU & ERIKSSON, 2001; LAURITZEN et al., 2003), tem demonstrado alteração do equilíbrio redox.

Nos animais, as lesões de cascos podem estar associadas ao estresse oxidativo, já que os danos induzidos pelos radicais livres podem afetar os tecidos, por conta de uma ação mais intensa da peroxidação lipídica, acelerando reações prejudiciais às células (POSSENTI et al., 2013). Desta forma, a utilização de *P. pyramidalis* como fonte de alimento para os animais,

em paralelo com sua característica fitoquímica, promove benefícios para os animais, necessita de mais ênfase nas pesquisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-QUDAH, K.M. Oxidative stress in calves with acute chronic bronchopneumonia. **Revue de Medicine Veterinaire**, v. 160, n. 5, p. 231-236, 2009.
- AL-QUDAH, K.M.; ISMAIL, Z.B. The relationship between serum biotin and oxidant/antioxidant activities in bovine lameness. **Research in Veterinary Science**. v. 92, p. 138-141, 2012.
- AMORIM, I. L. *et al.* Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 491-499, 2009.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; SOUSA, F. B.; CARVALHO, F. C. Pastagens no Semi-árido: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: Simpósio Sobre Pastagens Nos Ecossistemas Brasileiros, Brasília, DF, **Anais... XXII Reunião da SBZ**. p.28, 1995.
- ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da Caatinga**. – Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 200p.
- BARBOSA JÚNIOR, A. M. *et al.* Estudo comparativo da susceptibilidade de isolados clínicos de *Cryptococcus neoformans* (Sanfelice, 1895) frente a alguns antifúngicos de uso hospitalar e extratos vegetais obtidos de plantas medicinais da região semiárida sergipana. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v. 17, n. 1, p. 120-132, 2015.
- BASU, S.; ERIKSSON, M. Retinol palmitate counteracts oxidative injury during experimental septic shock. **Annals of the Academy of Medicine**, v. 30, p. 265–269, 2001.
- CASTRO, A. S.; CAVALCANTE, A. **Flores da Caatinga-Caatinga flowers**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, PB. 2010. 116 p.
- CORREIA, D. A. B. *et al.* Malformações congênitas e abortos induzidos experimentalmente pela ingestão de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (catingueira) em ovelhas. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v. 37. n. 12. p. 1430-1436, 2017.
- DAMASCENO, M. M.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. Etnoconhecimento de espécies forrageiras no Semiárido da Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental**. v. 7, n. 3, p. 219-228, 2010.
- DEATON, C.M.; MARLIN, D.J.; ROBERTS, C.A; HARRIS, P.A. Antioxidant and inflammatory responses of healthy horses and horses affected by recurrent airway obstruction to inhaled ozone. **Equine Veterinary Journal**, v.37, n.3, p.243-249, 2005.
- DINIZ, P. B. F. *et al.* Possible mechanisms of action of *Caesalpinia pyramidalis* against ethanol-induced gastric damage. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 168, n. 20, p. 79-86, 2015.
- GONZAGA NETO, S. *et al.* Composição Bromatológica, Consumo e Digestibilidade In Vivo de Dietas com Diferentes Níveis de Feno de Catingueira (*Caesalpinia bracteosa*), fornecidas para Ovinos Morada Nova. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 553-562, 2001.

- HOLANDA, A. C. *et al.* Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na paraíba. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 245-254, 2015.
- LAURITZEN, B., LYKKESFELDT, J., FRIIS, C. Evaluation of a single dose versus divided dose regimen of danofloxacin in treatment of *Actinobacillus pleuropneumoniae* infection in pigs. **Research in Veterinary Science**, v. 74, p. 271– 277, 2003.
- LOPES D.I.S. & MARUO V.M. 2014. Toxicidade de *Buchenavia tomentosa*: revisão de literatura. **Revista Ciência Veterinária**. v. 12. n. 23. p. 1679-7353.
- LUCENA, R. F. P. *et al.* The ecological apparency hypothesis and the importance of useful plants in rural communities from Northeastern Brazil: An assessment based on use value. **Journal of Environmental Management**. v. 96, n. 1, 106-15, 2012.
- MACÊDO, I. M. **Dinâmica da caducifolia e composição da serrapilheira de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz em áreas de caatinga sob pastejo caprino**. 2018. 85 f. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. 2018.
- MENDONÇA JÚNIOR, A. F.; BRAGA, A. P.; GALVÃO, R. J. D. Composição bromatológica, consumo e digestibilidade *in vivo* de dietas com diferentes níveis de feno de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul), fornecidas para ovinos SRD. **Revista de biologia e ciências da terra**, v. 8, n. 1, p. 135-142, 2008.
- MORAES, J. P. *et al.* The Ethanol Extract of the Inner Bark of *Caesalpinia pyramidalis* (Tul.) Reduces Urinary Bladder Damage during Cyclophosphamide-Induced Cystitis in Rats. **The Scientific World Journal**, v. 2013, 2013.
- NASCIMENTO, H. T. S.; NASCIMENTO, M. S. C. B.; RIBEIRO, V. Catingueira - forrageira nativa para fenação. **Circular técnica Embrapa**. Teresina, PI, 2002.
- NASCIMENTO JÚNIOR, J. R. S. **Comportamento alimentar de caprinos em pastejo e características morfo-qualitativas de cibalas em áreas de Caatinga**. 2018. 106 f. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. 2018.
- OLIVEIRA, L. P. **Atributos químico-bromatológicos, cinética de degradação e produção de gases de espécies arbóreas da caatinga com potencial forrageiro**. 2016. 79p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, PE. 2016.
- POSSENTI, C.R *et al.* Avaliação dos níveis de estresse oxidativo de vacas com e sem mastite bovina. **Anais**, In: XII Seminário Interinstitucional. 2013.
- PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife, PE. 2003, p. 3-73.
- RIBEIRO, A. R. S. *et al.* Gastroprotective activity of the ethanol extract from the inner bark of *Caesalpinia pyramidalis* in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 147, n. 2, p. 383-388, 2013.
- SANTANA, D. F. Y. *et al.* Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, n. 1, p. 69-78, 2011.
- SANTOS, M. J. C & SANTOS, F. R. Levantamento florístico e fitossociológico em sistema agrosilvipastoril como fonte de alimentos para a ovinocultura no semiárido sergipano. **Agropecuária Científica no Semiárido**. v. 06, n. 02, p.15-20, 2010.

SANTOS, A. C. et al. Evaluation of mechanisms involved in the antinociception of the ethanol extract from the inner bark of *Caesalpinia pyramidalis* in mice. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 148, n. 1, pp. 205–209, 2013.

SARAIVA, A. M. **Estudo farmacognóstico e determinação da atividade biológica de *Caesalpinia pyramidalis* Tull. E *Schinopsis brasiliensis* Engl. Frente a cepas de *Staphylococcus aureus* MRSA multirresistentes**. 2007. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2007.

SILVA, C. H. T. B. et al. Antioxidant Capacity and Phenolic Content of *Caesalpinia pyramidalis* Tul. and *Sapium glandulosum* (L.) Morong from Northeastern Brazil. **Molecules**. v. 16, n. 6, p. 4728-4739, 2011.

SILVA, C. H. T. P. **Estudo fitoquímico e avaliação da atividade antimicrobiana, antioxidante e Citotóxica de *Sapium glandulosum* (L.) Morong e *Caesalpinia pyramidalis* tul. visando o desenvolvimento de um gel odontológico**. 2012. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2012.

SILVA, J. G. M. da; LIMA, G. F. da C. & RÊGO, M. M. T. Cactáceas Nativas na Alimentação de Ruminantes. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, n.1, p.53-62, 2013.

SOUSA, D. M. M. **Fenologia, avaliação do tubo polínico e maturação de frutos e sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz**. 2011. 123p. Tese (Doutorado em agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. 2011.

SOUZA, C. *et al.* Disponibilidade e valor nutritivo da vegetação de Caatinga no Semiárido Norte Riograndense do Brasil. **Revista Holos**, v. 3, p. 196-204, 2013.

CAPÍTULO 1

Caracterização anatômica e histoquímica de folíolos de *Poincianella pyramidalis* (tul.) L. P. Queiroz: implicações para fins forrageiros

RESUMO

A investigação das características anatômicas e histoquímicas da forragem é uma ferramenta valiosa para determinar o potencial forrageiro, pois são capazes de revelar características químicas e estruturais que possam influenciar a sua degradação ruminal e, conseqüentemente, no seu valor nutritivo. Uma gama de plantas nativas que ocorrem naturalmente em áreas de pastagens naturais semiáridas ainda necessita ser estudada quanto ao seu potencial forrageiro, deste modo, objetivou-se com este trabalho caracterizar o padrão anatômico e histoquímico foliar de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz em diferentes fenofases. As amostras de folíolos (jovens, expandidas e senescentes) foram coletadas em cinco indivíduos de uma população natural de *P. pyramidalis* localizada em São João do Cariri, estado da Paraíba, Brasil. As amostras foram fixadas em solução de FAA (50% formaldeído, ácido acético e álcool etílico) para posterior avaliação. Secções transversais e paradérmicas da região mediana das lâminas foliares foram obtidas, à mão livre, com uso de lâmina comum de aço e medula do pecíolo de embaúba como suporte. A caracterização anatômica das lâminas foi realizada em imagens processadas em software (LAS EZ), obtidas por câmera digital (Leica ICC50 W) acoplada a um microscópio óptico (Leica DM750M). Os testes histoquímicos foram realizados utilizando os reagentes específicos para cada grupo químico. Os folíolos de *P. pyramidalis* apresentam apenas estômatos do tipo anomocíticos localizados na face adaxial. As secções paradérmicas dos folíolos revelaram uma epiderme constituída por células de contorno pouco sinuoso a poligonal, sendo as da face adaxial mais alongadas que as da face abaxial. Observou-se esclerênquima desenvolvido nos folíolos expandidos e senescentes e esclerênquima parcialmente desenvolvido nos folíolos jovens. No folíolo jovem foi observada a presença de lignina no xilema e compostos fenólicos na epiderme, parênquima paliçádico e lacunoso, parênquima da nervura central e na cavidade secretora. O folíolo expandido não apresentou grânulos de amido, mas possui compostos fenólicos na epiderme e na cavidade secretora e há presença de lignina tanto no xilema quanto no esclerênquima, enquanto compostos lipofílicos presentes na cavidade secretora, cutícula e na epiderme. Desde modo, os folíolos jovens de *Poincianella pyramidalis* apresentam características anatômicas (células mais sinuosas, ausência de cutículas) mais satisfatória para o processo de degradação. Folíolos expandidos e senescentes possuem lignificação em suas células que dificulta a degradação e digestibilidade. As três fenofases dos folíolos apresentam ausência de alcalóides e taninos condensados nas suas células. Os folíolos expandidos e senescentes possuem compostos lipofílicos na cavidade secretora, na cutícula e na epiderme que permite maior resistência das células epidérmicas à digestão.

Palavras-chave: anatomia; caprinos; morfologia; ovinos; semiárido

**Anatomical and histochemical characterization of leaflets of *Poincianella pyramidalis*
(Tul.) L. P. Queiroz: implications for forage purposes**

ABSTRACT

The investigation of the anatomical and histochemical characteristics of forage is a valuable tool to determine the forage potential, as they are able to reveal chemical and structural characteristics that may influence its rumen degradation and, consequently, its nutritional value. A range of native plants that occur naturally in areas of semi-arid natural pastures still needs to be studied regarding their forage potential, thus, the objective of this work was to characterize the anatomical and histochemical foliar pattern of *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz in different phenophases. Leaflet samples (young, expanded and senescent) were collected from five individuals from a natural population of *P. pyramidalis* located in São João do Cariri, state of Paraíba, Brazil. The samples were fixed in FAA solution (50% formaldehyde, acetic acid and ethyl alcohol) for further evaluation. Transverse and paradermal sections of the median region of the leaf blades were obtained freehand, using a common steel blade and the pith of the embaúba petiole as a support. Anatomical characterization of the slides was performed on images processed in software (LAS EZ), obtained by a digital camera (Leica ICC50 W) coupled to an optical microscope (Leica DM750M). Histochemical tests were performed using specific reagents for each chemical group. The leaflets of *P. pyramidalis* have only anomocytic stomata located on the adaxial surface. The paradermal sections of the leaflets revealed an epidermis consisting of cells with a slightly sinuous to polygonal contour, with those on the adaxial surface being more elongated than those on the abaxial surface. Sclerenchyma developed in the expanded and senescent leaflets and partially developed sclerenchyma in the young leaflets were observed. In the young leaflet, the presence of lignin in the xylem and phenolic compounds in the epidermis, palisade and spongy parenchyma, parenchyma of the midrib and in the secretory cavity was observed. The expanded leaflet did not present starch granules, but it has phenolic compounds in the epidermis and secretory cavity and there is presence of lignin in both the xylem and sclerenchyma, while lipophilic compounds are present in the secretory cavity, cuticle and epidermis. In this way, the young leaflets of *Poincianella pyramidalis* present anatomical characteristics (more sinuous cells, absence of cuticles) that are more satisfactory for the degradation process. Expanded and senescent leaflets have lignification in their cells that makes degradation and digestibility difficult. The three leaflet phenophases show the absence of alkaloids and condensed tannins in their cells. Expanded and senescent leaflets have lipophilic compounds in the secretory cavity, cuticle, and epidermis that allow greater resistance of epidermal cells to digestion.

Keywords: anatomy; goats; morphology; sheep; semiarid

INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga possui muitas espécies vegetais potencialmente úteis ao homem, mas devido a falta de informações sobre aproveitamento e manejo a maioria delas continua inexplorada. Dentre as espécies úteis encontra-se a *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P.

Queiroz, uma árvore cuja folhagem é selecionada por ruminantes domésticos em pastagens naturais. O potencial forrageiro desta espécie foi estudado anteriormente por Gonzaga Neto et al. (2001), Meier et al. (2014) e Neves et al. (2014), contudo alguns dos aspectos envolvidos com a degradabilidade ruminal ainda não foram completamente esclarecidos.

Características anatômicas e histoquímicas das plantas forrageiras são capazes de revelar características químicas e estruturais que influenciam a degradação ruminal da forragem e, conseqüentemente, o seu valor nutritivo. As características anatômicas reveladas por microscopia têm contribuído para elucidar a relação causa/efeito no processo de degradação no rúmen (LEMPP, 2007), enquanto a análise histoquímica pode auxiliar na identificação de grupos químicos derivados do metabolismo secundário das plantas que podem interferir na sua digestibilidade. Dentre os grupos químicos sendo possível destacar, dentre estes, os terpenóides, fenóis e compostos nitrogenados e alcalóides (Demirtaş et al., 2018). Deste modo, objetivou-se com este trabalho caracterizar o padrão anatômico e histoquímico foliar de *Poincianella pyramidalis* em diferentes fenofases.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas folhas de *P. pyramidalis* em cinco indivíduos de cada fenofase: jovem, expandida e senescente (Figura 1.1 C, D e E). Folhas jovens e expandidas foram coletadas na estação chuvosa (março de 2018) as senescentes na estação seca (agosto de 2018). Como as folhas são compostas, utilizou-se os folíolos nas análises. As folhas senescentes foram coletadas com auxílio de coletores (telas) para que as folhas fossem aparadas evitando o contato com o solo. Após as coletas, todo material foi seco em estufa de ventilação forçada a 42 °C, em seguida, moídas em moinho de facas em peneira de um milímetro, para posterior análise.

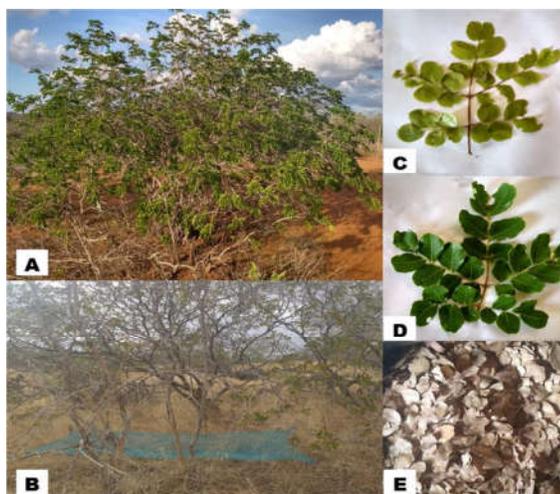


Figura 1.1 Plantas de *P. pyramidalis* na estação chuvosa (A) e na estação seca (B). Folhas nas fenofases jovem (C), expandida (D) e senescente (E).

Os indivíduos onde as amostras de folhas foram coletadas pertencem a uma população natural localizada em uma área de Caatinga (07°23'3'' S, 36°31'59'' W) pertencente à Universidade Federal da Paraíba em São João do Cariri, Paraíba, Brasil. A área situa-se a 520 metros de altitude, possui clima BSh (Semiárido quente) com chuvas de verão. No ano em que as amostras foram coletadas a precipitação pluvial acumulada foi de 303 mm (Figura 1.2).

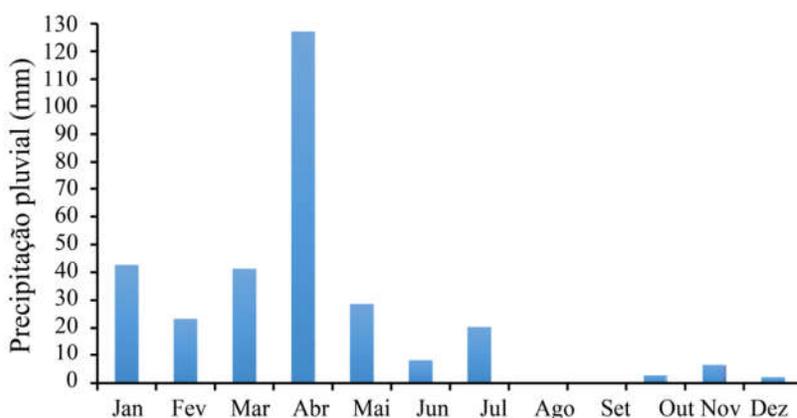


Figura 1.2 Distribuição da precipitação pluvial no ano de 2018 na área de coleta.

As amostras de folhas foram fixadas em FAA 50% (formaldeído, ácido acético e álcool etílico) (KRAUS e ARDUIN, 1997). Secções transversais e paradérmicas da região mediana dos folíolos foram obtidas, à mão livre, com uso de lâmina comum de aço e medula do pecíolo de embaúba como suporte (JOHANSEN, 1940; OLIVEIRA E AKISUE, 2009). Posteriormente, as secções foram clareadas com hipoclorito de sódio (50%) (KRAUS E

ARDUIN, 1997).

Após lavagem em água destilada, as secções transversais foram coradas segundo técnica descrita por Bukatsch (1972), com safranina e azul de Astra e as secções paradérmicas foram coradas com azul de metileno (KRAUTER, 1985). Lâminas semipermanentes foram montadas, seguindo procedimentos usuais em anatomia vegetal (JOHANSEN, 1940; SASS, 1951). A análise das lâminas foi realizada em imagens processadas em software (LAS EZ), obtidas por câmera digital (Leica ICC50 W) acoplada a um microscópio óptico (Leica DM750M).

Lâminas histológicas semipermanentes foram preparadas com secções transversais dos folíolos obtidas de modo semelhante ao destinado para a análise em MOL. Para a análise das lâminas foi utilizado microscópio de polarização (Leica DM750M), acoplado com câmera digital (Leica ICC50W), através do qual foram obtidas imagens processadas em software (LAS EZ). Os testes histoquímicos foram realizados em secções transversais de lâminas foliares frescas, obtidas à mão livre, usando lâmina comum de aço e medula do pecíolo de embaúba como suporte (JOHANSEN, 1940; OLIVEIRA e AKISUE, 2009), utilizando os reagentes listados na tabela 1.1. Imagens foram capturadas por câmera digital, acoplada a microscópio óptico (Alltion), e processadas no software Toup View Image.

Tabela 1.1. Reagentes e reação/coloração para detecção dos grupos químicos na análise histoquímica

Grupo químico	Reagentes	Coloração/ Reação	Referência
Alcaloides	Dragendorff	Laranja	YODER&MAHLBERG, 1976
Amido	Lugol	Azul negro/ Marrom escuro	JOHANSEN, 1940
Compostos fenólicos	Dicromato de potássio 10%	Vermelho	GABE, 1968
Compostos Lipofílicos	Sudan III	Vermelho alaranjado	SASS, 1951
Lignina	Floroglucinol	Vermelho	JOHANSEN, 1940
Taninos condensados	Vanilina clorídrica	Rosa/Vermelho	MACE&HOWELL, 1974
Triterpenos e esteroides	Tricloreto de antimônio	Vermelho alaranjado	MACE; BELL; STIPANOVIC, 1974

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os folíolos de *P. pyramidalis* apresentam apenas estômatos do tipo anomocíticos localizados na face adaxial (Figura 1.3 B, D e F) com densidade média de 326 estômatos.mm². Os estomatos são considerados como uma porta de entrada para a microbiota ruminal, no entanto a mastigação pelo animal aumenta a colonização (BRITO et al., 1999).

As secções paradérmicas dos folíolos revelam uma epiderme constituída por células de contorno reto a poligonal, sendo as da face adaxial (Figura 1.3 A-C-E), mais alongadas que as da face abaxial (Figura 1.3 B-D-F). A pouca sinuosidade das paredes celulares pode favorecer a degradação ruminal, pois de acordo com Carvalho e Pires (2008) a justaposição sinuosa das células epidérmicas aumenta a superfície de contato entre células adjacentes dificultando o rompimento do tecido. Todavia, as fissuras nos tecidos provocadas pela mastigação constituem uma porta de entrada eficiente para a microbiota ruminal.

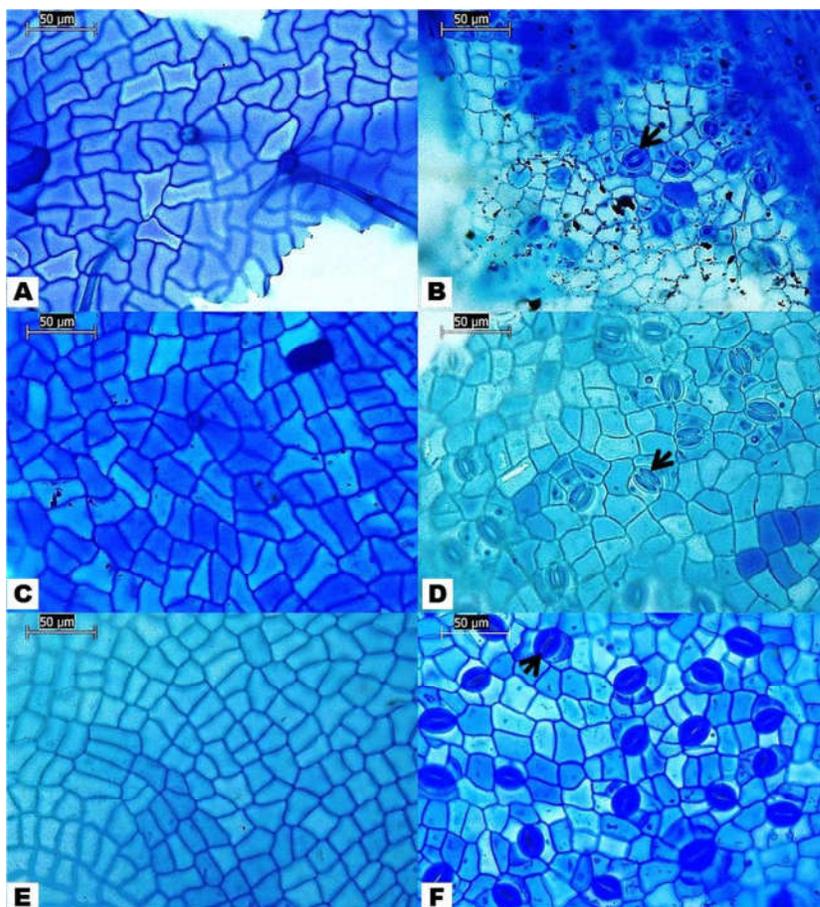


Figura 1.3. Secções paradérmicas em folhas de *P. pyramidalis*: Jovem (A-B); Expandida(C-D); Senescente (E-F). Adaxial (A,C,E). Abaxial (B, D, F). Estômatos (seta).

A epiderme dos folíolos é unisseriada, apresentando células externas cutinizadas em todas as fases (Figura 1.4). Nos folíolos expandidos e senescentes observou-se a presença de cutícula (Figura 4 C-D-E-F) também relatada por França (2012) nesta espécie. A presença de cutícula reduz a taxa e a extensão de digestão da epiderme e dos tecidos no rúmem, ou seja, dificulta a degradabilidade do tecido.

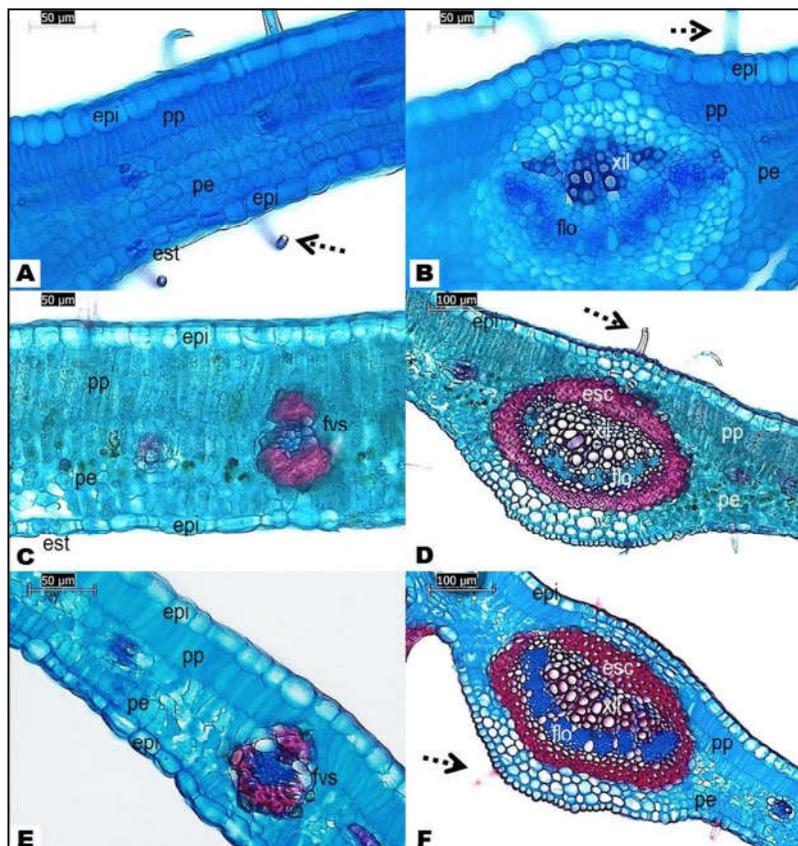


Figura 1.4. Seções transversais em folhas de *P. pyramidalis*: Jovem (A-B); Expandida (C- D); Senescente (E-F). epi=epiderme, pp=parênquima paliçádico, pe=parênquima esponjoso, esc=esclerênquima, xil=xilema, flo=floema, est=estômatos, fvs=feixe vascular secundário. Tricomas tectores (setas tracejadas).

O mesófilo possui dupla camada de parênquima paliçádico densamente justapostas e múltiplas camadas de células de parênquima esponjoso pouco espaçadas (Figura 1.4), isso pode dificultar a entrada da microbiota ruminal responsável pela degradação deste tecido. Observou-se esclerênquima desenvolvido nos folíolos expandidos e senescentes e esclerênquima parcialmente desenvolvido nos folíolos jovens (Figura 1.4 A e B). O esclerênquima é formado por células longas com parede celular espessa que se lignificam progressivamente com a maturação. Isso pode limitar a digestão dos polissacarídeos no rúmem por provocar toxicidade aos microrganismos; agir como uma barreira física (ligação

lignina-polissacarídeo) ao acesso das enzimas fibrolíticas; limitação à ação das enzimas hidrofílicas (JUNG e DEETZ, 1993) fazendo com que esse tecido seja considerado indigestível (LEMPP, 2007).

Detectou-se a presença de tricomas tectores simples em ambas as faces da epiderme dos folíolos (Figura 1.4 A, B, D e F) e tricomas multicelulares de formato peduncular (Figura 1.5 B, D e F) sem característica glandular, corroborando com França (2012). Também se verificou a presença de cavidades secretoras nos folíolos (Figura 1.4 A, C e E) provavelmente contendo fenólicas e/ou óleos essenciais (FANH e CUTTER, 1992; GLÓRIA e CARMELLO-GUERREIRO, 2006). A mastigação dos tecidos pelos animais podem oxidadar os compostos fenólicos presentes nas cavidades secretoras formando quinonas (BARBEHENN e CONSTABEL, 2011) que pode inibir a degradação ruminal.

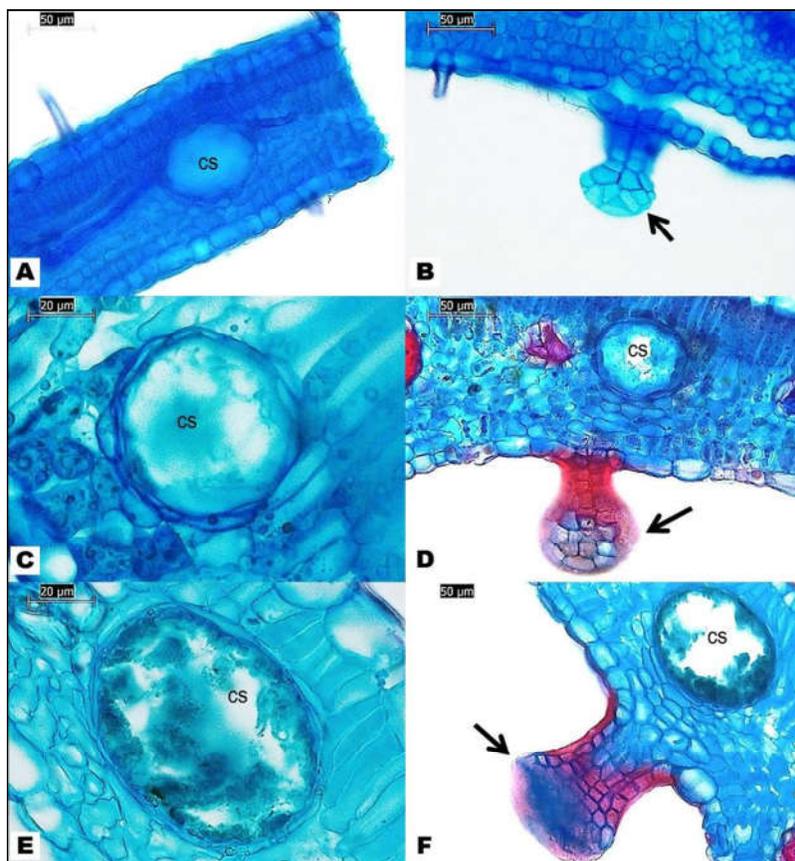


Figura 1.5. Secções transversais de folhas jovens (A-B) expandidas (C-D) e senescentes (E-F) de *P. pyramidalis*. cs=cavidade secretora. Os tricomas pedunculares estão sinalizados por setas.

Na microscopia de polarização foi possível observar a presença de cristais e drusas de oxalato de cálcio ao redor das fibras e nas células da bainha do feixe vascular (Figura 1.6) que

são comumente encontradas em outras espécies de Fabaceae do gênero *Caesalpinia* (LERSTEN e CURTIS, 1994). Monocristais e/ou drusas de oxalato se acumulam ao longo do ciclo vegetal participando da composição mineral da planta, mas como podem passar intactos pelo trato digestivo dos animais a absorção de alguns minerais pode ser comprometida (NICODEMO e LAURA, 2001; ALVAREZ et al., 2010).

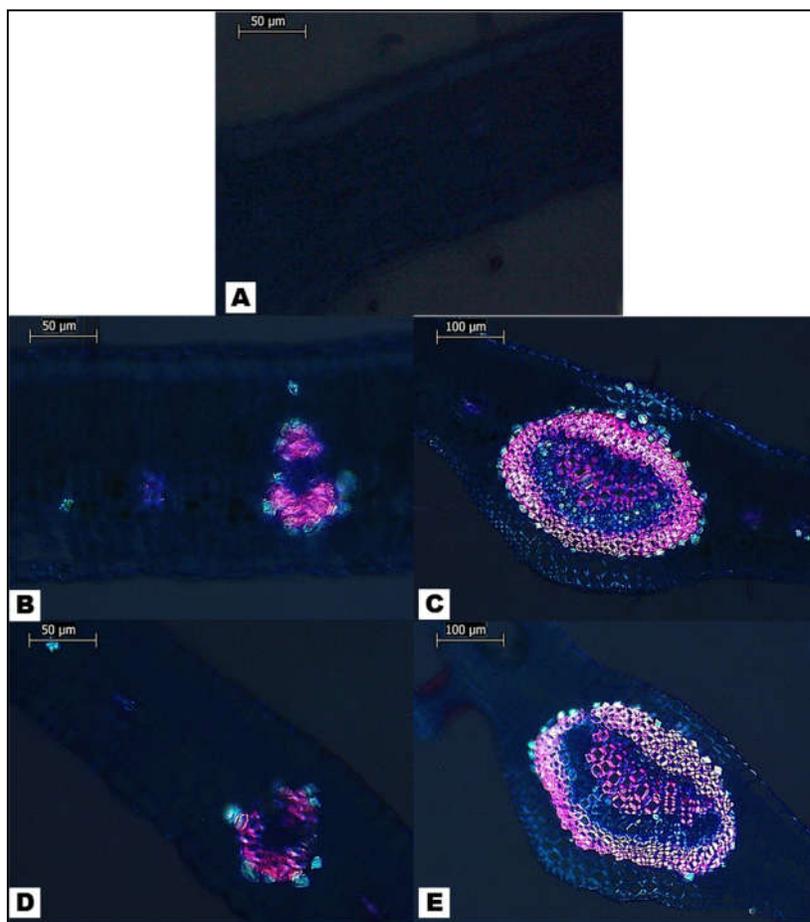


Figura 1.6. Microscopia de polarização de seções transversais de folhas jovem (A), expandidas (B-C) e senescentes (D-E) de *P. pyramidalis*

A análise histoquímica revelou ausência de alcaloides e taninos condensados e a presença de lignina, compostos fenólicos, grânulos de amido, compostos lipofílicos, esteróides, triterpenos nos folíolos nas três fenofases (Tabela 1.2). Grânulos de amido só foram detectados em folíolos jovens (Tabela 1.2).

Tabela 1.2. Análise histoquímica em folíolos jovens, expandidos e senescentes de *P. pyramidalis*

Grupo químico	Folíolos jovens	Folíolos expandidos	Folíolos senescentes
Alcalóides	-	-	-
Amido	*	-	-
Lignina	*	*	*
Compostos fenólicos	*	*	*
Grânulos de amido	*	-	-
Compostos lipofílicos	*	*	*
Taninos condensados	-	-	-
Esteróides	*	*	*
Triterpenos	*	*	*

-ausência *presença

Detectou-se a presença de lignina no xilema (Figura 1.7 B) e compostos fenólicos na epiderme, parênquima paliçádico e lacunoso, parênquima da nervura central e na cavidade secretora (Figura 1.7 C). A grânulos de amido estavam presentes no parênquima da nervura central (Figura 1.7 D) corroborando com França (2012). Compostos lipofílicos estavam presentes na cutícula e nas cavidades secretoras (Figura 1.7 E) e triterpenos e esteróides apenas na cavidade secretora (Figura 1.7 F).

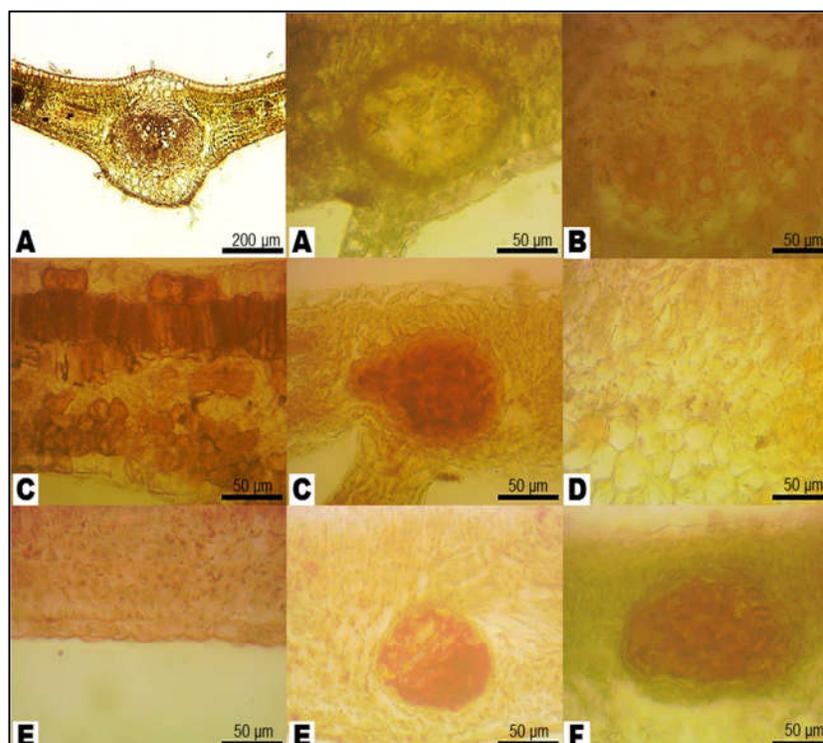


Figura 1.7. Histoquímica da folha jovem de *P. pyramidalis*: Controle (A); Floroglucinol (B); Dicromato de potássio 10% (C); Lugol (D); Sudan III (E); Tricloreto de antimônio (F).

Os folíolos expandidos não apresentaram grânulos de amido, mas possuem compostos fenólicos na epiderme e na cavidade secretora (Figura 1.8 B). A lignina foi encontrada tanto no xilema quanto no esclerênquima (Figura 1.8 C), enquanto compostos lipofílicos foram detectados na cavidade secretora, cutícula e na epiderme (Figura 1.8 D). A deposição de compostos lipofílicos nas células epidérmicas reduz a sua taxa de degradação dos tecidos (AKIN & ROBINSON, 1982; WILSON, 1993). Triterpenos e esteroides foram encontrados na cavidade secretora semelhantemente ao observado nos folíolos jovens (Figura 1.8 E).

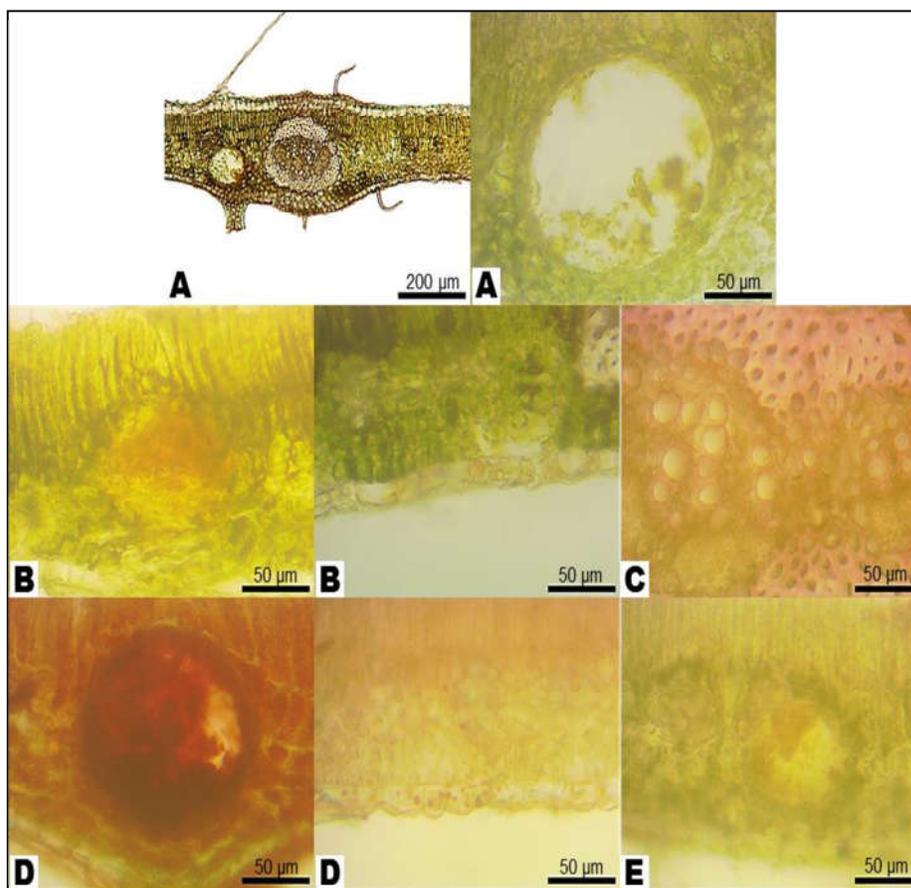


Figura 1.8. Histoquímica da folha expandida de *P. pyramidalis*: Controle (A); Dicromato de potássio 10% (B); Floroglucinol (C); Sudan III (D); Tricloreto de antimônio (E).

Nos folíolos senescentes estavam presentes compostos fenólicos na epiderme e na cavidade secretora (Figura 1.9 B). A lignina estava presente no xilema e no esclerênquima (Figura 1.9 C), enquanto compostos lipofílicos estavam presentes na cavidade secretora, cutícula e epiderme (Figura 1.9 D). Triterpenos e os esteroides foram encontrados apenas na cavidade secretora (Figura 1.9 E).

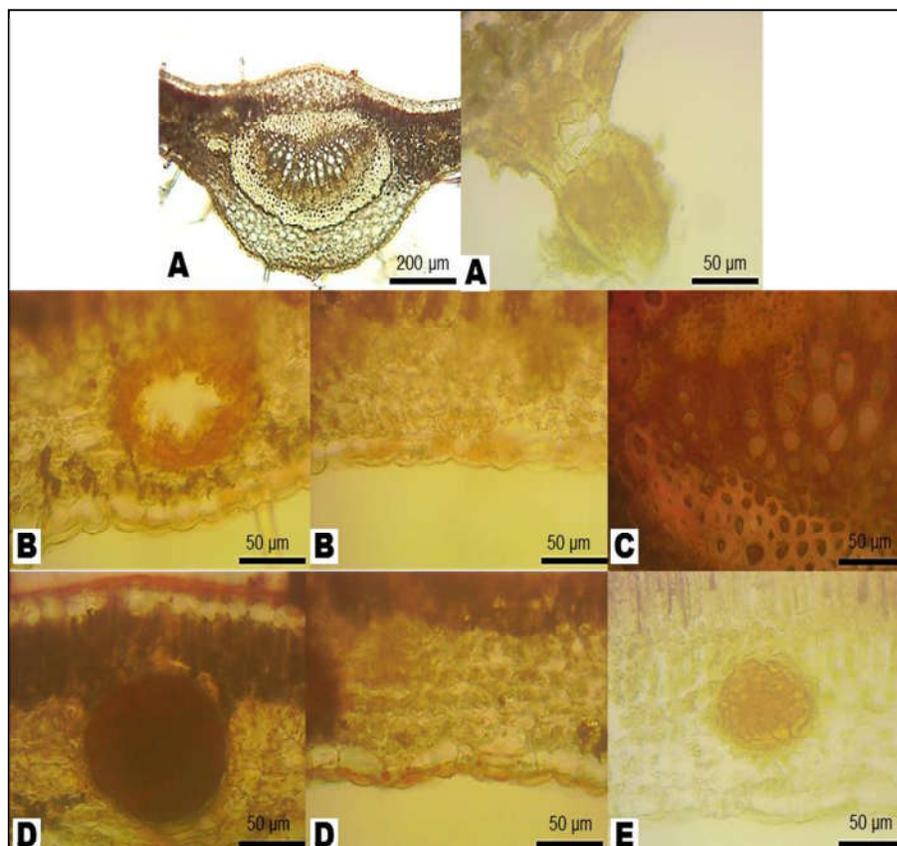


Figura 1.9. Histoquímica da folha senescente de *P. pyramidalis*: Controle (A); Dicromato de potássio 10% (B); Floroglucinol (C); Sudan III (D); Tricloreto de antimônio (E).

Alguns compostos secundários identificados nos folíolos de *P. pyramidalis* como lignina e compostos fenólicos são potencialmente prejudiciais à digestibilidade microbiana.

CONCLUSÃO

Os folíolos jovens de *Poincianella pyramidalis* apresentam características anatômicas (células mais sinuosas, ausência de cutículas) mais satisfatória para o processo de degradação.

Folíolos expandidos e senescentes possuem lignificação em suas células que dificulta a degradação e digestibilidade. As três fenofases dos folíolos apresentam ausência de alcalóides e taninos condensados nas suas células. Os folíolos expandidos e senescentes possuem compostos lipofílicos na cavidade secretora, na cutícula e na epiderme que permite maior resistência das células epidérmicas à digestão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKIN, D.E; ROBINSON, E.L Structure of leaves and stems of arrowleaf and crimson clovers as related to in vitro digestibility. **Crop Science**, v.22, p.24- 29, 1982.
- ALVAREZ, J. M. et al., **Descritores epidérmicos de eudicotiledôneas forrageiras – Guia para identificação da dieta de herbívoros usando o programa delta**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010. 59 p. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Pantanal).
- APEZZATO DA GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2006.
- BARBEHENN, R. V.; CONSTABEL, C. P. Tannins in plant-hervivore interactions. **Phytochemistry**, v.72, p. 1551-1565, 2011.
- BRITO, C. J. F. A.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C. et al. Anatomia quantitativa e degradação in vitro de tecidos em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.223-229, 1999.
- BUKATSCH, F. Bemerkungen zur Doppelfärbung Astrablau-Safranin. **Mikrokosmos**, v. 61, n. 8, p. 255, 1972.
- CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V. Organização dos tecidos de plantas forrageiras e suas implicações para os ruminantes. **Archivos de Zootecnia**. v.57. p. 13-28. 2008.
- DEMIRTAŞ, A., ÖZTÜRK, H. & PIŞKIN, İ. Overview of plant extracts and plant secondary metabolites as alternatives to antibiotics for modification of ruminal fermentation. **Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v.65, n. 2, p.213-217, 2018.
- FAHN, A.; CUTLER, D.F. **Xerophytes**. Gebrüder Borntraeger. Berlin, 1992. 178p.
- FRANÇA, A. A. Anatomia foliar e valor nutritivo de *Poincianella pyramidalis* (tul.) L. P. Queiroz em diferentes fases fenológicas. **2012. 80 f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias, Paraíba, 2012.**
- GABE, M. **Techniques histologiques**. Paris: Masson & Cie, 1968.
- GONZAGA NETO, S., BATISTA, Â. M. V., CARVALHO, F. F. R. D. et. al. Composição bromatológica, consumo e digestibilidade in vivo de dietas com diferentes níveis de feno de catingueira (*Caesalpinea bracteosa*), fornecidas para ovinos Morada Nova. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 553-562, 2001.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book Co. Inc., 1940. 523p.
- JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D. et al. (Eds.). **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: ASA-CSSA-SSSA, p. 315-346. 1993.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico em métodos de morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, 1997. 198p.
- KRAUTER, D. Erfahrungen mit Etzolds FSA-Färbung für pflanzenschnitte. **Mikrokosmos**, v. 74, p. 231-233, 1985.

LEMPP, B. Avanços metodológicos da microscopia na avaliação de alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 36. Suplemento especial. p. 315-329. 2007.

LERSTEN, N.R.; CURTIS, J.D. Leaf anatomy in *Caesalpinia* and *Hoffmanneggia* (*Leguminosae*, *Caesalpinioideae*) with emphasis on secretory structures. **Plant Systematics and Evolution**. v. 192. p. 231-255. 1994.

MACE, M. E.; BELL, A. A.; STIPANOVIC, R. D. Histochemistry and isolation of gossypol and related terpenoids in root of cotton seedlings. **Phytopathology**, v. 64, p. 1297-1302, 1974.

MACE, M. Z.; HOWELL, C. R. Histochemistry and identification of condensed tannin precursors in roots of cotton seedlings. **Can. J. Bot.**, v. 52, p. 2423- 2426, 1974.

NEVES, A. L. A., PEREIRA, L. G. R., VERNEQUE, R. D. S., et. al. **Tabelas nordestinas de composição de alimentos para bovinos leiteiros**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

NICODEMO, M. L. F.; LAURA V. A. **Elementos minerais em forrageiras: formas químicas, distribuição e biodisponibilidade**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. (Documento, 115).

OLIVEIRA, F.; AKISUE, G. **Fundamentos de farmacobotânica**. 3. ed. São Paulo: Atheneu; 2009.

SASS, J. E. **Botanical microtechnique**. 2. ed. Ames: The Iowa State College Press, 1951. 391p.

WILSON, J.R. Organization of forage plant tissues. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D.; RALPH, J. (Eds.) **Forage cell structure and digestibility**. Madison: ASA-CSSASSSA, 1993. p. 1-32.

YODER, L. R.; MAHLBERG, P. G. Reactions of alkaloid and histochemical indicators in laticifers and specialized parenchyma cells of *Catharanthus roseus* (Apocynaceae). **Am. J. Bot.**, v. 63, p. 1167-1173, 1976.

CAPÍTULO 2

Caracterização fitoquímica de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz em diferentes fases fenológicas

RESUMO

Poincianella pyramidalis (Tul.) L. P. Queiroz é uma árvore selecionada por ruminantes domésticos em pastagens nativas da Caatinga cujo perfil fitoquímico ainda não foi suficientemente caracterizado. Dessa forma, analisou-se a composição fitoquímica foliar desta espécie em diferentes fenofases de desenvolvimento fenológico, analisando suas implicações para fins forrageiros e farmacológicos. A identificação qualitativa-quantitativa das principais classes de compostos químicos em amostras de folha jovem, expandidas e senescentes (serapilheira) foi realizada usando métodos clássicos, incluindo cromatografia em camada delgada e cromatografia líquida de alta eficiência. Detectou-se a presença de polifenóis (taninos hidrolisados), flavonóides, terpenos, esteroides, antraquinona, saponinas e açúcares redutores em todos os estádios de desenvolvimento foliar. O biflavonóide rutina e o composto fenólico ácido elágico foram os metabólitos secundários mais abundantes, mas seu teor decresce com o envelhecimento da folha. Esses grupos de metabólitos secundários apresentam relevante interesse farmacológico e para produção e bem-estar animal.

Palavras-chave: fenologia vegetativa; semiárido; fabaceae; planta forrageira; metabólitos secundários

Phytochemical characterization of *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz in different phenological stages

ABSTRACT

Poincianella pyramidalis (Tul.) L. P. Queiroz is a tree selected by domestic ruminants in native Caatinga pastures whose phytochemical profile has not been sufficiently characterized. Thus, the phytochemical composition of this species was analyzed in different phenophases of phenological development, analyzing its implications for forage and pharmacological purposes. The qualitative-quantitative identification of the main classes of chemical compounds in samples of young, expanded and senescent leaves (litter) was performed using classic methods, including thin layer chromatography and high performance liquid chromatography. The presence of polyphenols (hydrolyzed tannins), flavonoids, terpenes, steroids, anthraquinone, saponins and reducing sugars was detected in all stages of leaf development. Biflavonoid rutin and phenolic compound ellagic acid were the most abundant secondary metabolites, but their content decreases with leaf aging. These groups of secondary metabolites have relevant pharmacological and animal production and welfare interests.

Keywords: vegetative phenology; semiarid; fabaceae; forage plant; secondary metabolites

INTRODUÇÃO

Poincianella pyramidalis [Tul.] L.P. Queiroz é uma espécie endêmica da Floresta Tropical Sazonalmente Seca, denominada “Caatinga” no Nordeste do Brasil. Apesar de ser usada como fonte energética e na medicina tradicional local (LUCENA et al., 2012), sua principal utilidade é como planta forrageira, pois a mesma pode contribuir com até 35% da forragem consumida por ruminantes domésticos (caprinos, ovinos e bovinos) em pastagens naturais durante a estação seca (ARAUJO FILHO, 2013).

Essa planta é rica em compostos secundários, incluindo diterpenos, triterpenos, flavonóides, fenóis aromáticos, biflavonóides, entre outros (WU et al., 2011), porém, suas implicações na alimentação de ruminantes e potencial farmacológico ainda não foram suficientemente estudados. Dessa forma, a avaliação fitoquímica desta espécie pode ser útil para determinar seus benefícios e restrições na alimentação animal bem como na prospecção de metabólitos úteis à indústria farmacêutica.

Segundo Lima et al. (2018) a *P. pyramidalis* é uma planta caducifólia que emite brotações e novas folhas durante a estação chuvosa e perdem quase que completamente as folhas na estação seca. Nesse processo, as folhas da planta passam por várias mudanças morfológicas e fisiológicas como, por exemplo, a concentração de alguns nutrientes que pode aumentar ou diminuir devido a translocação de órgãos senescentes para regiões de crescimento como folhas novas e estruturas reprodutivas (GEORGE et al., 1989). Desta forma, o objetivo com este trabalho foi avaliar a composição fitoquímica foliar de *P. pyramidalis* em diferentes fenofases, analisando suas implicações para fins forrageiros e farmacológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de folha foram coletadas em cinco indivíduos de uma população natural de *Poincianella pyramidalis* (TUL.) L. P. QUEIROZ (Figura 2.1) localizados em uma Estação Experimental (07°23'3'' S, 36°31'59'' W) pertencente à Universidade Federal da Paraíba no município de São João do Cariri, estado da Paraíba, Brasil. O clima local é caracterizado, segundo Köopen, como BSh Semiárido quente com chuvas de verão.

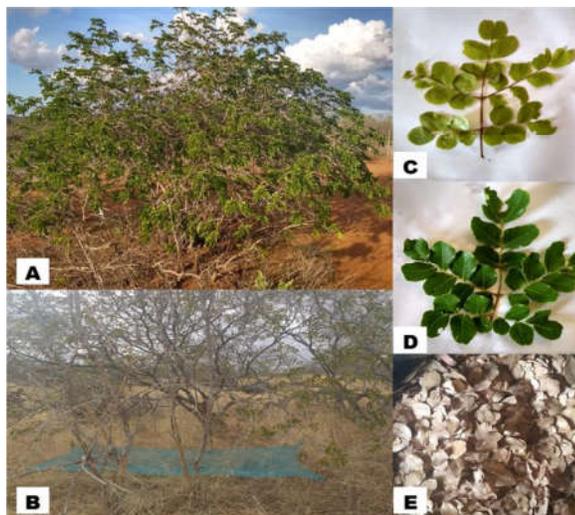


Figura 2.1. Plantas de *P. pyramidalis* na estação chuvosa (A) e na estação seca (B). Folhas nas fenofases jovem (C), expandida (D) e senescente (E).

As amostras de folhas jovens e folhas expandidas foram coletadas, com uso de alicate de poda, em março de 2018, já a amostra de folhas senescentes (serapilheira) foi coletada em agosto do mesmo ano, com auxílio de coletores para que as folhas fossem aparadas evitando o contato com o solo (Figura 2.1). Após as coletas, todo material foi seco em estufa de ventilação forçada a 42 °C, em seguida, moídas em moinho de facas em peneira de um milímetro, para posterior análise.

Para análise de CCD, pesou-se 2 gramas da amostra para decocção com 20 mL de metanol, por 5 minutos. Para o preparo dos padrões, todos foram utilizados na concentração de 1 mg/mL. A amostra e os padrões foram aplicados de forma manual em placas cromatográficas de sílica gel 60 - F254 (Macherey-Nagel®, Germany). As placas foram desenvolvidas em cubas após saturação com a fase móvel (Tabela 2.1). A cuba foi saturada por aproximadamente 15 minutos à temperatura ambiente. As bandas foram aplicadas com largura de 1 cm e com uma distância entre elas e das bordas das placas de 5mm. O tamanho da largura e do comprimento das placas cromatográficas foi de 5 cm. As amostras foram aplicadas a 5 mm da origem e com término 5 mm do final da placa. Após a eluição das placas as mesmas foram secas à temperatura ambiente e fotodocumentadas sob luz ultravioleta de 254 e 365 nm e luz visível. Na sequência foram reveladas com reagentes específicos para cada metabólito (Tabela 2.1). As bandas obtidas foram comparadas às bandas dos padrões correspondentes.

Tabela 2.1. Sistemas cromatográficos empregados na prospecção fitoquímica foliar de *Poincianella pyramidalis*

Classe de Metabólito	Sistema	Revelador	Padrão
Polifenóis (Taninos Hidrolisáveis)	90:5:5	Cloreto férrico	Ácido gálico
Taninos condensados	90:5:5	Vanilina clorídrica	Catequina
Flavonoides	90:5:5	Cloreto de alumínio	Quercetina Rutina
Terpenos e Esteroides	70:30	Lieberman-Burchard + Δ	β -Sitosterol
Saponinas	100:11:11:26	Lieberman-Burchard+ Δ	Escina
Antraquinonas	50:6,75:5	HNO ₃ + KOH 10%	Senosídeo A
Alcalóides	50:6,75:5	Dragendorf	Atropina
Açúcares redutores	50:20:10:10	Timol + H ₂ SO ₄ 10% + Δ	D-frutose

Sistemas: 90:5:5-Acetato de etila:ácido fórmico:água; 50:6,75:5-Acetato de etila:metanol:água; 70:30-Tolueno: acetato; 50:20:10:10-Acetato de etila:ácido acético: ácido fórmico:água; 50:50:50-Éter etílico:acetato de etila:ácido acético 10% (saturação); 100:11:11:26-Acetato de etila:ácido acético:ácido fórmico:água.

Preparo da amostra: A extração (50 mg da amostra) foi realizada sob refluxo durante 30 min a 85 °C utilizando etanol 50% (v/v) como líquido extrator e em seguida resfriados e filtrados. Uma alíquota de 5 mL dessa solução foi filtrada para vials com auxílio de filtro de PVDF de 0,45 μ m. A análise por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) foi realizada utilizando-se o sistema cromatógrafo Ultimate 3000 (Thermo Fisher Scientific, EUA) acoplado a um detector de arranjo fotodiodo (DAD; Thermo Fisher Scientific) e equipado com uma bomba binária (HPG-3x00RS; Thermo Fisher Scientific), degaseificador, e amostrador automático com um loop de 20 μ L (ACC-3000; ThermoFisher Scientific). O comprimento de onda para as análises foi fixado em 280 e 350 nm. A separação cromatográfica foi realizada a 29 °C utilizando uma coluna Dionex® C18 (250 mm \times 4,6 mm d.i., 5 μ m) equipada com pré-coluna Phenomenex® (C18; 4 mm \times 3,9 μ m). A fase móvel foi composta de água ultrapura (A) e metanol (B), ambos acidificados a 0,05% de ácido trifluoroacético, e a taxa de fluxo foi ajustada para 0,8 mL/min. O seguinte programa gradiente foi utilizado: 0-5 min, 10-25% B; 5-10 min, 25-40% de B; 10-15 min, 40-55% de B; 15-20 min, 55-75% B; 20-28 min, 75-10% de B; 28-32 min, 10% de B. Os dados foram analisados e processado usando o software Chromeleon 6.8 (Dionex/Thermo Fisher Scientific, EUA). Os teores foram calculados de acordo com a equação da reta dos padrões; ácido elágico, $y = 0,091x + 1,753$ (FERREIRA et al., 2016); e, rutina, $y = 0,7015x - 0,2726$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização fitoquímica foliar de *Poincianella pyramidalis* por CCD revelou a presença de polifenóis (Figura 2.2 A), evidenciada coloração azul na amostra após aplicação do revelador (Rfpadrão: 0,71; Rfamostra: 0,36), bem como dentro deste grupo, flavonoides (Figura 2.2 C), apresentando bandas amarela (Rf: 0,30) e fluorescente (Rf: 0,75) de baixa intensidade, características de flavonoides quando observadas em 365 nm (Rfpadrão1: 0,72), antraquinonas (Figura 2.2 E), apresentou banda de coloração vermelha com Rf: 0,83, sugestiva de derivados antracênicos, porém com Rf diferente do padrão (0,17). Silva et al. (2011) avaliaram os níveis de compostos fenólicos presente nas folhas de *P. pyramidalis* e encontraram conteúdo fenólico total de 459,79 mg de equivalente ácido tânico.g⁻¹ de extrato seco, conteúdo de tanino total de 284,22 mg de equivalente ácido tânico.g⁻¹ de extrato seco, e conteúdo de flavonoides totais 370,40 mg de equivalente rutina.g⁻¹ de extrato seco.

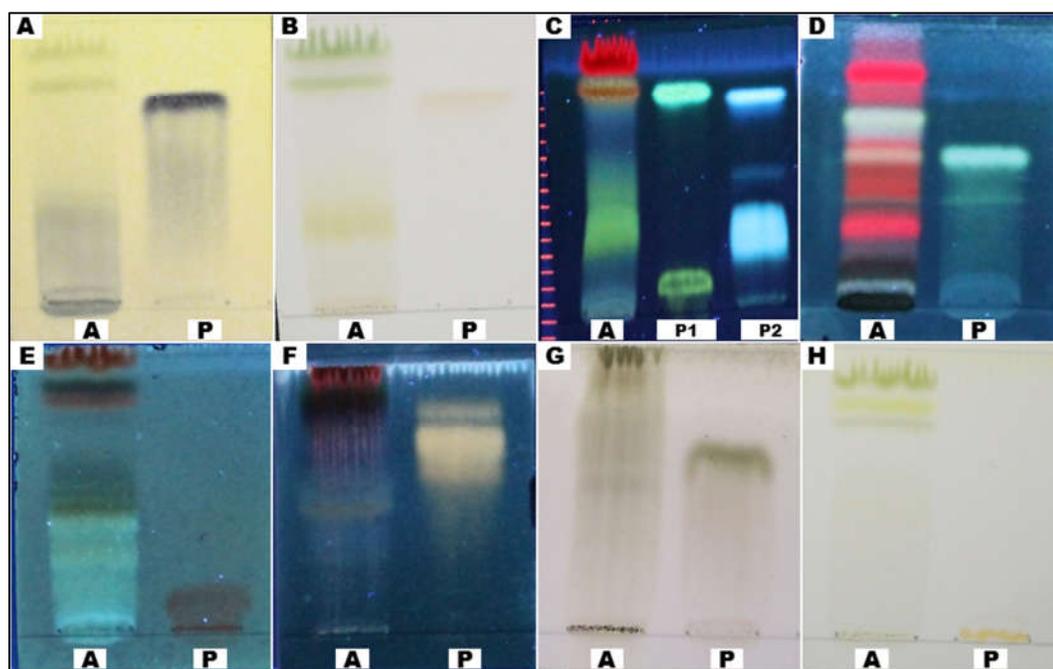


Figura 2.2. Cromatograma para avaliação de Polifenóis (taninos hidrolisáveis) (A), Taninos Condensados (B), Flavonoides e Derivados Cinâmicos (C), Terpenos e Esteroides (D), Antraquinonas (E), Saponinas (F), Açúcares Redutores (G) e Alcalóides (H) em folhas de *Poincianella pyramidalis*. Amostra (A). Padrão (P).

Para os triterpenos e esteroides (Figura 2.2 D), apresentando banda fluorescente igual ao padrão, de mesmo Rf (0,50) e bandas de coloração rósea sob luz UV, com Rf 0,30; 0,47; e 0,80. Observado também a presença de saponinas (Figura 2.2 F), com banda de coloração

vermelho-marrom com Rf 0,47 e o padrão 0,67, e açúcares redutores (Figura 2.2 G) apresentando banda de coloração marrom com Rf 0,50 e o padrão 0,60. No estudo foi observado a ausência dos grupos de taninos condensados (Figura 2.2 B), derivados cinâmicos (Figura 2.2 C) e alcaloides (Figura 2.2 H).

Saraiva (2007) avaliando extratos secos de diversas partes (folha, caule, raiz, flor, fruto) de *P. pyramidalis*, detectou a presença de compostos fenólicos, flavonoides, esteroides e derivados cinâmicos, embora não tenha detectado a presença de alcaloides, cumarinas e saponinas. Silva et al (2012), trabalhando com extrato seco de folhas de *P. pyramidalis*, observaram a presença de antocianinas, esteróis, flavonoides, cumarinas, terpenos, alcaloides, antraquinonas e saponinas. A diferença dos grupos dos metabólitos encontrados pelos autores em relação aos grupos encontrados neste estudo é normal, uma vez que, Bahia et al 2010 atribuíram essas variações às condições edafoclimáticas em que a planta está inserida, da mesma forma, Wu et al (2011) destacaram a existência de 280 compostos químicos, incluindo diterpenos, triterpenos, flavonóides, fenóis aromáticos, biflavonóides, entre outros.

Diante de toda essa diversidade de compostos químicos presentes na *P. pyramidalis* (Tabela 2.2), dar-se-á sua importância para a população que habita principalmente a região Semiárida brasileira, devido à multiplicidade de usos que possui, podendo-se destacar o uso como combustível, em construções, como forragem e o medicinal (LUCENA et al., 2012), no qual os dois últimos recebem maior ênfase. Diversos autores realizaram estudos fitoquímicos com *P. pyramidalis*, nos quais foram avaliadas as atividades biológicas da planta, sendo elas: antibacteriana (RIBEIRO et al., 2013), antifúngica (BARBOSA JÚNIOR et al., 2015), antioxidante (SILVA et al., 2011), antiulcerogênica e gastroprotetora (DINIZ et al., 2015), anti-inflamatória (MORAES et al., 2013), antinociceptiva (SANTOS et al., 2013).

Tabela 2.2. Triagem fitoquímica preliminar de folhas de *Poincianella pyramidalis* em diferentes fenofases

Grupo químico	Estádio fenológico		
	Folha jovem	Folha expandida	Folha senescente
Polifenóis (taninos hidrolisados)	+	+	+
Taninos condensados	-	-	-
Flavonóides	+	+	+
Derivados cinâmicos	-	-	-
Terpenos e esteroides	+	+	+
Antraquinona	+	+	+
Saponinas	+	+	+
Açúcares redutores	+	+	+
Alcaloides	-	-	-

+presença; -ausência

Embora a *P. pyramidalis* possua todas essas atividades biológicas testadas e comprovadas, na produção animal, mais especificamente no Nordeste do Brasil, a ingestão de *P. pyramidalis* está associada com a ocorrência de problemas reprodutivos em pequenos ruminantes, embora seja uma das espécies responsáveis por fornecer forragem no período de estiagem. Surto e casos esporádicos de intoxicação espontânea em ovinos vêm sendo relatados. Correia et al. (2017) avaliaram o efeito do consumo voluntário de *P. pyramidalis* em ovinos e observaram que 76 % dos cordeiros nascidos apresentavam malformações congênitas, 16 % de abortos e 33 % de retenção de placenta. Segundo os autores, o princípio tóxico (alcaloide teratogênico), principal suspeito de causar as malformações nos pequenos ruminantes pela ingestão da *Mimosa tenuiflora* não foi encontrado na *P. pyramidalis*, no entanto, foram encontradas substâncias como esteroides, açúcares, derivados cinâmicos, ácidos fenólicos, protoantocianidinas, leucoantocianidinas e flavonóides. Os autores ainda relatam que o princípio tóxico de *P. pyramidalis* responsável pelas alterações reprodutivas ainda é desconhecido, e os flavonoides podem ser um ponto de partida, podendo ocorrer de forma isolada ou juntamente com outros princípios (LOPES & MARUO 2014).

Um cromatograma representativo da amostra está evidenciado abaixo no comprimento de onda de 350 nm. Foram verificadas a presença de 4 picos majoritários, sendo dois deles identificados como Rutina (tempo de retenção = 18,87 min) e Ácido elágico (tempo de retenção = 19,95 min) (Figura 2.3).

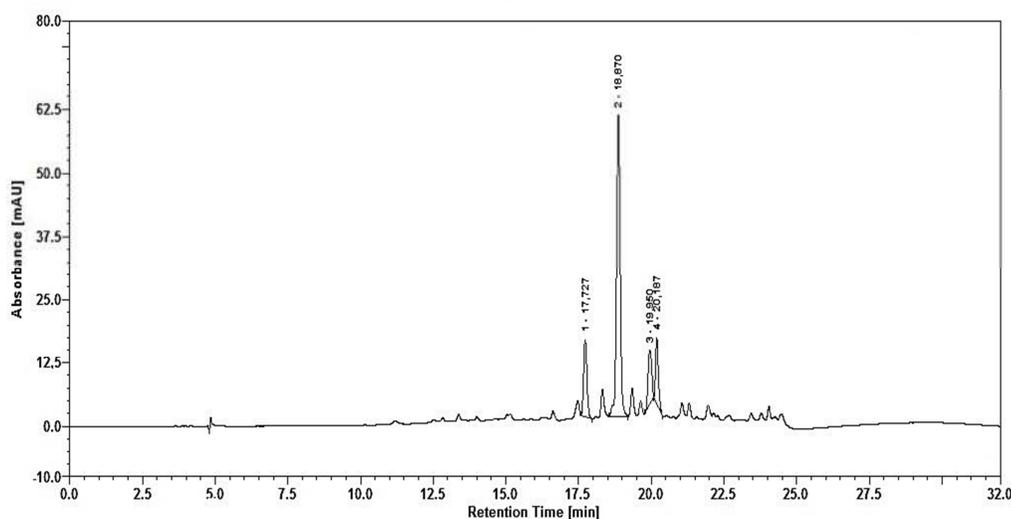


Figura 2.3. Cromatograma (em 350nm) das amostras de folhas de *Poincianella pyramidalis* em diferentes fenofases.

A presença desses compostos foi confirmada após co-injeção da amostra com quantidades conhecidas dos padrões (rutina – 1 e ácido elágico - 2) e avaliação dos espectros de varredura dos picos (Figura 2.4).

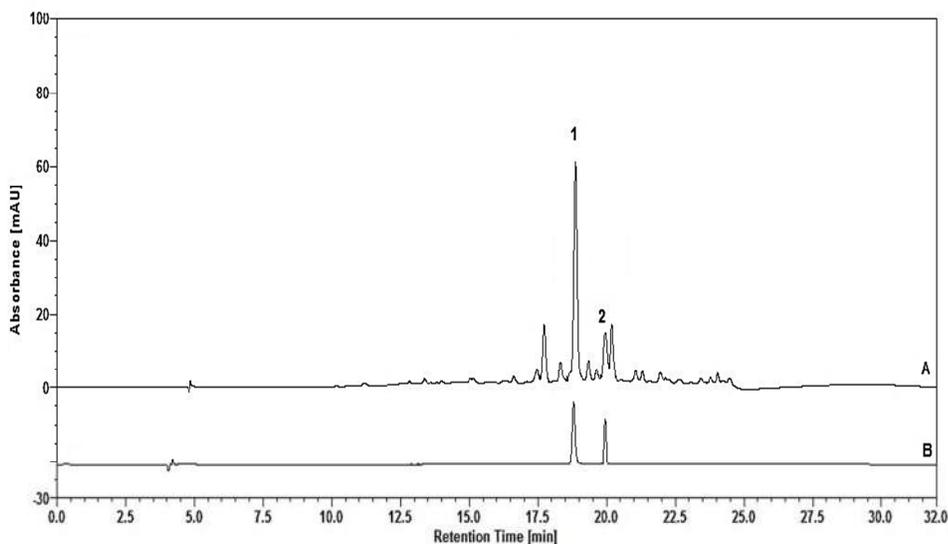


Figura 2.4. Cromatograma (em 350 nm) das amostras de folhas de *Poincianella pyramidalis* em diferentes fenofases (A) e dos padrões de rutina e ácido elágico após co-injeção (B).

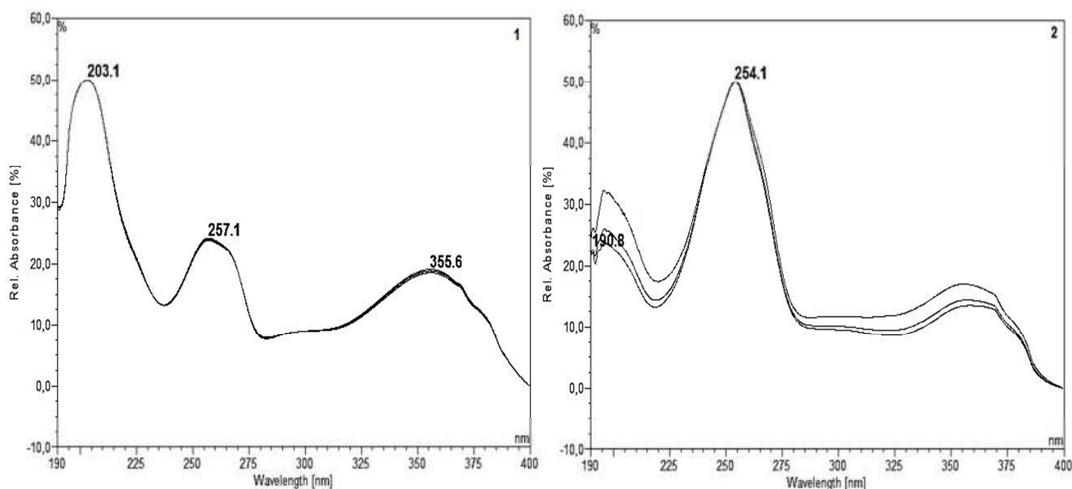


Figura 2.5. Espectros de varredura dos picos referentes à presença de rutina e ácido elágico nas amostras de folhas de *Poincianella pyramidalis* em diferentes fenofases.

A rutina, um biflavonóide pertencente ao subgrupo dos flavonóis, com importâncias terapêuticas na normalização de doenças hemorrágicas ou de hipertensão e inibidor da formação de radicais livres (LIU; JIANG; XIE, 2010) foi encontrado em maior quantidade nas folhas jovens ($9,5 \text{ g.kg}^{-1} \text{ DV}$), exibindo sensível redução com o avanço dos estádios fenológicos. (Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Teores de ácido elágico e rutina calculados nas folhas de *Poincianella pyramidalis* em diferentes fenofases

Fenofases	Ácido elágico*	Rutina*
Folhas Jovens	2,3 ± 0,0078	9,5 ± 0,0541
Folhas Expandidas	1,0 ± 0,0003	6,4 ± 0,0003
Folhas Senescentes	1,0 ± 0,0005	3,0 ± 0,0102

*g.kg⁻¹ DV (gramas de metabólito por kg de droga vegetal).

O ácido elágico, um composto fenólico que possui atividade antioxidante e/ou anticarcinogênica (ABE, 2007), foi encontrado em maior quantidade nas folhas jovens (2,3 g.kg⁻¹ DV), talvez, devido a folha estar desprotegida das altas temperaturas e da radiação solar.

O estresse oxidativo promove condições patológicas crônicas em várias espécies animais, na qual tem sido investigada exaustivamente. O estresse oxidativo tem sido envolvido em várias patologias, incluindo condições que são relevantes na produção animal e bem-estar do animal (AL-QUDAH & ISMAIL, 2012). Doenças comuns, tais como broncopneumonia em bezerros (ALQUDAH, 2009), obstrução das vias respiratórias recorrentes em equinos (DEATON et al., 2005), pneumonia e septicemia em suínos (BASU & ERIKSSON, 2001; LAURITZEN et al., 2003), tem demonstrado alteração do equilíbrio redox.

Nos animais, as lesões de cascos podem estar associadas ao estresse oxidativo, já que os danos induzidos pelos radicais livres podem afetar os tecidos, por conta de uma ação mais intensa da peroxidação lipídica, acelerando reações prejudiciais às células (POSSENTI et al., 2013). Desta forma, a utilização de *P. pyramidalis* como forragem no período de escassez de alimento, em paralelo com sua característica fitoquímica, na qual promove benefícios para os animais, necessita de mais ênfase nas pesquisas.

CONCLUSÃO

A *Poincianella pyramidalis* apresenta grupos de metabólitos secundários de interesse farmacêutico e características químicas que são relevantes na produção e bem-estar animal.

A folha jovem de apresenta maior quantidade de ácido elágico e rutina e diminui com a maturação da folha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, L. T. **Ácido elágico em alimentos regionais brasileiros**. 2007. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade de São Paulo. 2007.

AL-QUDAH, K.M. Oxidative stress stress in calves with acute chronic bronchopneumonia. **Revue de Medicine Veterinaire**, v. 160, n. 5, p. 231-236, 2009.

AL-QUDAH, K.M.; RASHDAN, Y. Role of dexamethasone in reducing pain after endoscopic sinus surgery in adults: a double-blind prospective randomized trial. **The Annals of Otolaryngology & Laryngology**, v.119, p.266-269, 2010.

AL-QUDAH, K.M.; ISMAIL, Z.B. The relationship between serum biotin and oxidant/antioxidant activities in bovine lameness. **Research in Veterinary Science**. v. 92, p. 138-141, 2012.

ARAÚJO-FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Recife: Projeto Dom Helder Câmara, 2013.

BAHIA, M. V.; DAVID, J. P.; DAVID, J. M. Occurrence of biflavones in leaves of *Caesalpinia pyramidalis* specimens. **Química Nova**, v. 33, n. 6, p. 1297-1300, 2010.

BARBOSA JÚNIOR, A. M. et al. Estudo comparativo da susceptibilidade de isolados clínicos de *Cryptococcus neoformans* (Sanfelice, 1895) frente a alguns antifúngicos de uso hospitalar e extratos vegetais obtidos de plantas medicinais da região semiárida sergipana. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v. 17, n. 1, p. 120-132, 2015.

BASU, S., ERIKSSON, M. Retinol palmitate counteracts oxidative injury during experimental septic shock. **Annals of the Academy of Medicine**, v. 30, p. 265–269, 2001.

CORREIA, D. A. B. et al. Malformações congênitas e abortos induzidos experimentalmente pela ingestão de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (catingueira) em ovelhas. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v. 37. n. 12. p. 1430-1436, 2017.

DEATON, C.M. et al. Antioxidant and inflammatory responses of healthy horses and horses affected by recurrent airway obstruction to inhaled ozone. **Equine Veterinary Journal**, v.37, n.3, p.243-249, 2005.

DINIZ, P. B. F. et al. Possible mechanisms of action of *Caesalpinia pyramidalis* against ethanol-induced gastric damage. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 168, n. 20, p. 79-86, 2015.

FERREIRA, M. R. A. et al. Chromatographic and spectrophotometric analysis of phenolic compounds from fruits of *Libidibia ferrea* Martius. **Pharmacognosy Magazine**, v. 12, p. 285-291, 2016.

George, A. P.; Nissen, R. J.; Carseldine, M. L. Effect of season (vegetative flushing) and leaf position on the leaf nutrient composition of *Annona* spp. Hybrid cv. Pink's Mammoth in south-eastern Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.29, p.587-595, 1989.

LAURITZEN, B., LYKKESFELDT, J., FRIIS, C. Evaluation of a single dose versus divided dose regimen of danofloxacin in treatment of *Actinobacillus pleuropneumoniae* infection in pigs. **Research in Veterinary Science**, v. 74, p. 271– 277, 2003.

- LIU, H., JIANG, W., & XIE, M. Flavonoids: Recent Advances as Anticancer Drugs. **Recent Patents on Anti-Cancer Drug Discovery**. v. 5. n. 2. p. 152–164, 2010.
- LOPES D.I.S. & MARUO V.M. 2014. Toxicidade de *Buchenavia tomentosa*: revisão de literatura. *Revista Ciência Veterinária*. v. 12. n. 23. p. 1679-7353.
- LUCENA, R. F. P. et al. The ecological apparency hypothesis and the importance of useful plants in rural communities from Northeastern Brazil: An assessment based on use value. **Journal of Environmental Management**. v. 96, n. 1, 106-15, 2012.
- MORAES, J. P. et al. The Ethanol Extract of the Inner Bark of *Caesalpinia pyramidalis* (Tul.) Reduces Urinary Bladder Damage during Cyclophosphamide-Induced Cystitis in Rats. **The Scientific World Journal**, v. 2013, 2013.
- NUNES, G. D. L. **Investigação das atividades biológicas do extrato aquoso de *Poincianella pyramidalis* no controle da hemocose caprina**. 2012, 88 f. Dissertação. Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal nos Trópicos. 2012.
- POSSENTI, C.R et al. Avaliação dos níveis de estresse oxidativo de vacas com e sem mastite bovina. **Anais**, In: XII Seminário Interinstitucional. 2013.
- RIBEIRO, A. R. S. et al. Gastroprotective activity of the ethanol extract from the inner bark of *Caesalpinia pyramidalis* in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 147, n. 2, p. 383-388, 2013.
- SANTOS, A. C. et al. Evaluation of mechanisms involved in the antinociception of the ethanol extract from the inner bark of *Caesalpinia pyramidalis* in mice. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 148, n. 1, pp. 205–209, 2013.
- SARAIVA, A. M. **Estudo farmacognóstico e determinação da atividade biológica de *Caesalpinia pyramidalis* Tull. E *Schinopsis brasiliensis* Engl. Frente a cepas de *Staphylococcus aureus* MRSA multirresistentes**. 2007. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2007.
- SILVA, R. R. et al. Hypocholesterolemic effect of naringin and rutin flavonoids. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. v. 51. n. 3. p. 258-264, 2001.
- SILVA, C. H. T. B. et al. Antioxidant Capacity and Phenolic Content of *Caesalpinia pyramidalis* Tul. and *Sapium glandulosum* (L.) Morong from Northeastern Brazil. **Molecules**. v. 16, n. 6, p. 4728-4739, 2011.
- SILVA, C. H. T. P. **Estudo fitoquímico e avaliação da atividade antimicrobiana, antioxidante e Citotóxica de *Sapium glandulosum* (L.) Morong e *Caesalpinia pyramidalis* tul. visando o desenvolvimento de um gel odontológico**. 2012. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2007.

CAPÍTULO 3

Características nutricionais e cinética de produção de gases *in vitro* de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz em diferentes fases fenológicas

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar os parâmetros químico-bromatológicos e produção de gases de folhas de *Poincianella pyramidalis* em diferentes fenofases. As amostras de folha foram coletadas em cinco indivíduos de uma população natural de *Poincianella pyramidalis*, em folhas jovens, folhas expandidas e folhas senescentes, denominadas de serapilheira. Após a coleta, o material foi processado e encaminhado para análise bromatológica, digestibilidade, fracionamento de carboidratos, produção de gases. A folha jovem apresentou maiores teores de proteína bruta e maior degradabilidade da matéria seca, enquanto na folha expandida foi observado maiores teores de fibra em detergente neutro, lignina e com isso baixa degradabilidade da matéria seca. A folha jovem apresentou maior fração de carboidratos não fibrosos juntamente com a folha senescente. A fração A+B1, referente aos carboidratos solúveis de rápida degradação, foi encontrada em maior quantidade na folha jovem. Para a fração C, fração indigestível, foi encontrada maior teor nas folhas expandidas, uma vez que apresentou maior conteúdo de lignina. Na produção de gases *in vitro*, a fermentação dos carboidratos totais gerou maior volume final de gases para a folha jovem. A folha jovem e a folha senescente apresentam melhor composição químico-bromatológica no tocante ao teor de proteína e qualidade da fibra. A folha senescente se destaca por conter maior teor de carboidratos possíveis de serem utilizados pelos microrganismos ruminantes e reflete em maior disponibilidade de energia para o animal. A *Poincianella pyramidalis* é uma importante fonte alimentar para os animais na região Semiárida.

Palavras-chave: nutrientes; degradabilidade; digestibilidade; ruminantes

Nutritional characteristics and *in vitro* gas production kinetics of *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz at different phenological stages

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the chemical-bromatological parameters and gas production of leaves of *Poincianella pyramidalis* in different phenophases. Leaf samples were collected from five individuals from a natural population of *Poincianella pyramidalis*, in young leaves, expanded leaves and senescent leaves, called litter. After collection, the material was processed and sent for chemical analysis, digestibility, carbohydrate fractionation, gas production. The young leaf showed higher levels of crude protein and

greater degradability of dry matter, while in the expanded leaf higher levels of neutral detergent fiber and lignin were observed and, therefore, low degradability of dry matter. The young leaf showed a higher fraction of non-fibrous carbohydrates together with the senescent leaf. The fraction A+B1, referring to soluble carbohydrates of rapid degradation, was found in greater quantity in the young leaf. For fraction C, indigestible fraction, higher content was found in expanded leaves, since it presented higher lignin content. In the in vitro gas production, the fermentation of total carbohydrates generated a higher final volume of gases for the young leaf. The young leaf and the senescent leaf present better chemical-bromatological composition in terms of protein content and fiber quality. The senescent leaf stands out for containing the highest carbohydrate content possible to be used by ruminal microorganisms and reflects in greater availability of energy for the animal. *Poincianella pyramidalis* is an important food source for animals in the semiarid region.

Keywords: nutrients; degradability; digestibility; ruminants

INTRODUÇÃO

As condições edafoclimáticas do Semiárido resultam na vegetação denominada caatinga, que é caracterizada por apresentar vegetação espinhenta, de folhas pequenas e caducas, constituída por arbustos e árvores de pequeno porte, rica em cactáceas, bromeliáceas, euforbiáceas e fabáceas (ANDRADE et al., 2010; LUTTGE et al., 2010). Dentre as espécies vegetais da caatinga, a *Poincianella pyramidalis*, conhecida como catingueira, tem destaque. Tal planta possui múltiplas utilidades sendo uma das principais, o fornecimento de forragem para os animais em pastejo no período seco.

De acordo com Andrade et al. (2019), o Semiárido brasileiro possui alta variabilidade na distribuição espacial e temporal da precipitação pluvial com elevada temperatura do ar e intensa radiação solar. Tais características climáticas induzem às plantas a adaptações fisiológicas que refletem na sua composição química (HABERMANN et al., 2019). Durante o período chuvoso e o período seco a forragem disponível se altera em quantidade e qualidade químico-bromatológica, ou seja, o extrato presente na área de pastejo apresenta plantas jovens e adultas, com folhas em diferentes fases de desenvolvimento, compelindo animal selecionar alimento, de modo que, a composição química da planta implicará ou não na sua ingestão.

Deste modo a qualidade de um alimento dependente dos seus constituintes, a avaliação nutricional das espécies forrageiras produzidas na Caatinga com potencial para a alimentação de ruminantes torna-se essencial para o aumento da eficiência da pecuária na região, surgindo a necessidade de estudos sobre os parâmetros quantitativos e qualitativos da forragem consumida pelos animais (SOUZA et al., 2013).

Estudos feitos com espécies arbóreas da Caatinga têm exposto o potencial dessas plantas quanto sua composição, principalmente no teor de proteína bruta. Todavia, é importante ressaltar que parte desses nutrientes se encontram complexados com a parede celular vegetal e compostos secundários, tornando-os indisponíveis para os animais (SANTANA *et al.*, 2011). Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar os parâmetros químico-bromatológicos e produção de gases de folhas de *Poincianella pyramidalis* em diferentes fenofases.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de folha foram coletadas em cinco indivíduos de uma população natural de *Poincianella pyramidalis* (TUL.) L. P. QUEIROZ localizados em uma Estação Experimental (07°23'3'' S, 36°31'59'' W) pertencente à Universidade Federal da Paraíba no município de São João do Cariri, estado da Paraíba, Brasil. O clima local é caracterizado, segundo Köopen, como BSh Semiárido quente com chuvas de verão. Durante o ano em que o experimento foi desenvolvido a precipitação registrada foi de 303 mm (Figura 3.1).

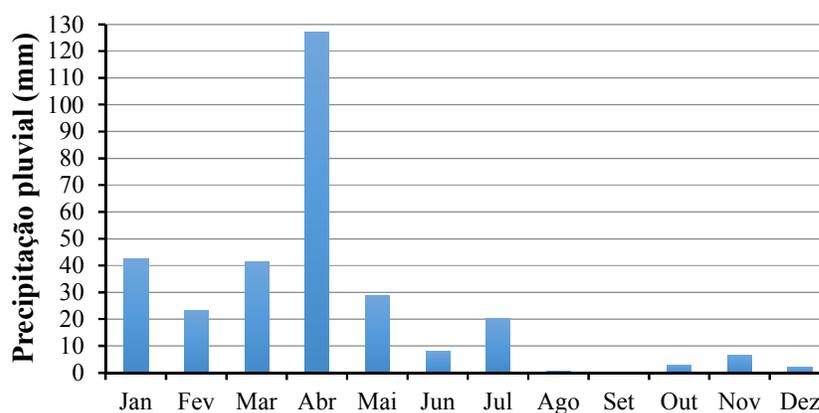


Figura 3.1 Distribuição da precipitação pluviométrica no ano de 2018 na área de coleta das amostras.

As amostras de folha foram coletadas em diferentes fenofases, compreendidas em folhas jovens, folhas expandidas e folhas senescentes, denominadas de serapilheira (Figura 3.2).

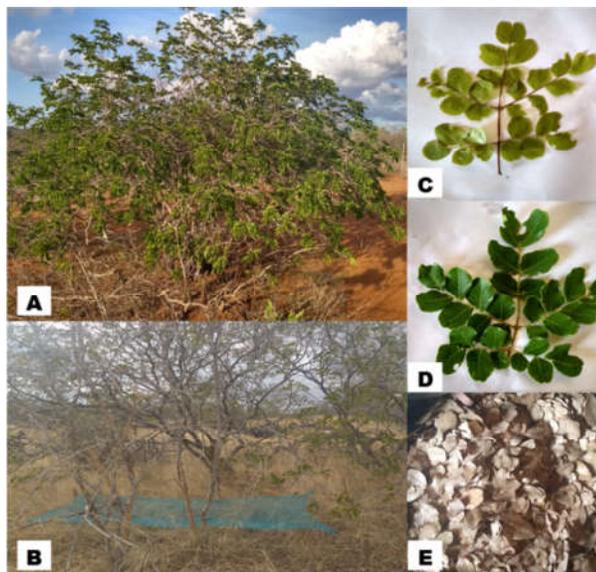


Figura 3.0.2 A- Planta estudada. B- Coletores das folhas senescentes. C- Folha jovem. D- Folha expandida. E- Folhas senescentes.

As análises referentes à composição química: matéria seca (MS) (930.15, AOAC), matéria orgânica (MO) (942.05, AOAC), matéria mineral (MM) (942.05, AOAC), proteína bruta (PB) (954.01, AOAC) e extrato etéreo (EE) (Sohxlet) (920.39, AOAC) foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990).

As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) foram realizadas de acordo com Van Soest et al. (1963a) e Senger et al. (2008). Para determinação da lignina (LDA), a solubilização da celulose nas amostras foi realizada com ácido sulfúrico a 72%, e conforme metodologia proposta por Van Soest et al. (1963b), e as frações de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) foram estimadas pelas equações: $HEM = FDN - FDA$ e $CEL = FDA - LDA$, respectivamente.

Os carboidratos totais (CHOT) foram calculados conforme Sniffen et al. (1992) em que, $CHOT = 100 - (PB + EE + MM)$, e fracionados em A+B1, B2 e C, sendo os carboidratos não-fibrosos (CNF), que correspondem às frações A+B1, pela diferença entre os CHOT e a FDNcp. A fração C representada pela FDN indigestível, foi obtida por meio da incubação *in situ* da amostra (1 g de amostra acondicionada em sacos F57 da ANKON) no rúmen de um bovino fistulado (VALENTE *et al.*, 2011). Após 288 horas de incubação o material foi lavado e submetido a análise de FDN. A fração B2, que corresponde à fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C. Os teores de proteína insolúvel em

detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram determinados conforme metodologia descrita por Licitra et al. (1996).

A análise de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi conduzida segundo Tilley e Terry (1963), com modificação proposta por Holden (1999). Para tanto, misturou-se 1,0 g de amostra com 80 mL de meio nutritivo e 20 mL de inóculo ruminal de caprinos (animais alimentados com capim elefante e ração concentrada). O preparo foi incubado a 39 °C por 48 h. Em seguida, foi adicionado 2 mL de ácido clorídrico (1:1) e 1,0 mL de pepsina. Incubou-se por mais 24 h e em seguida o material foi filtrado, seco e pesado.

A determinação da produção de gás *in vitro* foi conduzida de acordo com Theodorou et al. (1994). As leituras foram medidas 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42 e 48 h após a incubação. Os dados de pressão (psi = pressão por polegada quadrada) foram convertidos para o volume de gás (V) pela equação $V = 5,1612P - 0,3017$, $R^2 = 0,9873$, gerado no Laboratório de Produção (GLP) da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, UFAPE, a partir de 937 observações.

Os dados de produção cumulativa de gás foram ajustados pelo modelo bicompartimental sugerido por Schofield et al. (1994) usando PROC NLMIXED em SAS®.

$$V_t = \frac{V_{f1}}{1 + e^{[2-4k_1(t-\lambda)]}} + \frac{V_{f2}}{1 + e^{[2-4k_2(t-\lambda)]}}$$

onde, V_t = volume total de gases produzido, V_{f1} = volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF), de rápida fermentação, V_{f2} = volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (CF), de lenta degradação, k_1 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1 (CNF), k_2 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (CF), t = tempo de fermentação, λ = fase de latência, e = exponencial.

Após a análise de produção de gases, o resíduo foi filtrado para determinação da degradabilidade total da matéria seca (DETOTAL). Os dados encontrados das análises químicas, fracionamento de carboidratos, degradabilidade total e digestibilidade da matéria seca e produção de gases foram submetidos à análise de variância pelo procedimento PROC GLM e as médias foram comparadas pelo teste Tukey à 0,05 de significância por meio do programa Statistical Analysis System (SAS®).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de MM, MO, HEM, PIDN (g/kg de PB) e a DIVMS não diferiram ($P>0,05$) quanto ao estágio fenológico (Tabela 3.1). O teor de MS no estágio senescente foi maior (910 g MS.kg⁻¹ matéria natural) que nos demais estádios, indicando um incremento de MS foliar com o avanço do ciclo fenológico, este comportamento é justificado pelas alterações bioquímicas, nutricionais, anatômicas e fisiológicas que ocorrem nos tecidos ao longo do processo de maturação (PEDREIRA E BERCHIELLI, 2011).

Tabela 3.0.1 Composição químico-bromatológica de folhas em fenofases diferentes de *Poincianella pyramidalis*

Variável	Fenofases			EPM	P-Valor
	Folha jovem	Folha expandida	Folha senescente		
MS ¹	319,1±16,4c	507,5±18,8b	910,0±4,1a	72,23	0,0001
MM ²	43,8±0,6	46,4±2,1	49,5±3,8	1,27	0,2778
MO ²	956,2±0,6	953,6±2,1	950,5±3,8	1,27	0,2778
EE ²	43,0±0,7c	68,9±2,2b	90,8±0,4a	6,08	0,0001
PB ²	176,5±13,7a	172,1±2,25a	87,1±0,6b	12,27	0,0003
FDN ²	285,6±7,1b	367,7±22,8a	328,6±2,2ab	14,07	0,0070
FDNcp ²	247,5±4,4b	309,2±14,6a	299,5±3,3a	11,03	0,0068
FDA ²	176,3±6,8b	230,4±6,4a	223,8±1,8a	8,96	0,0003
HEM ²	71,2±6,7	78,8±9,5	75,6±1,4	4,11	0,7566
CEL ²	106,1±8,2b	129,7±5,7ab	137,7±2,4a	5,32	0,0173
LDA ²	70,2±4,0c	100,6±0,7a	86,1±0,5b	4,72	0,0001
PIDN ²	114,5±7,4a	127,2±6,7a	69,7±2,1b	7,76	0,0020
PIDA ²	72,4±6,5a	47,8±3,9b	38,3±0,4b	5,20	0,0032
PIDN ³	654,1±42,8	767,9±40,1	792,0±13,9	28,37	0,0868
PIDA ³	412,2±27,3a	288,8±24,3b	435,5±5,3a	24,32	0,0044
DETOTAL ²	608,4±5,2a	518,2±3,6c	555,6±13,5b	13,96	0,0001
DIVMS ²	650,3±9,0	586,7±26,5	589,1±2,1	14,03	0,0690

MS=matéria seca, MM=matéria mineral, MO=matéria orgânica, EE=extrato etéreo, PB=proteína bruta, FDN=fibra em detergente neutro, FDNcp=FDN corrigida para cinzas e proteína, FDA=fibra em detergente ácido, CEL=celulose, HEM=hemicelulose, LDA=lignina digerida em ácido, PIDN=proteína insolúvel em detergente neutro, PIDA=proteína insolúvel em detergente ácido, DETOTAL=degradabilidade total da matéria seca, DIVMS=digestibilidade *in vitro* da matéria seca. EPM=erro padrão da média, P= valor de P. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem ($P>0,05$) entre si pelo teste de Tukey. ¹g/kg de matéria natural. ²g/kg de MS. ³g/kg de PB.

O teor de EE aumentou ($P < 0,05$) durante as fenofases, sendo que nas folhas senescentes o teor de EE ($90,8 \text{ g MS.kg}^{-1}$) foi 52,26% maior do que nas folhas jovens ($43,0 \text{ g MS.kg}^{-1}$). Este resultado está relacionado ao possível aumento nas proporções de substâncias lipídicas como ceras, cutinas e suberinas, com o avançar da idade das folhas, tal comportamento é natural nas plantas do Semiárido (BUCHANAN et al., 2009; TAIZ et al., 2017).

Em contraste, o teor de PB mais elevado foi verificado nas folhas jovens e expandidas ($176,5$ e $172,1 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$, respectivamente). O menor teor de PB ($87,1 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) nas folhas senescentes se deve à perda da vitalidade celular devido a abscisão e a mobilidade de N, que passa das folhas mais velhas para as folhas mais jovens. O teor de PB foliar de *P. pyramidalis* em diferentes fenofases avaliado por França et al. (2020), variaram de $130,0$ a $86,7 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$ sendo, por tanto, inferiores aos observados neste estudo.

O conteúdo de FDN foi menor nas folhas jovens ($285,6 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) em relação às folhas expandidas ($367,7 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$), tal comportamento deve-se à síntese de lignina e outros compostos fibrosos. Corroborando com tal afirmação o teor de lignina nas folhas jovens ($70,2 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) foi 30,22% menor do que nas folhas expandidas ($100,6 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$). De acordo com Rogers e Campbell (2004), a deposição de lignina é regulada em conjunto com o desenvolvimento da planta, sendo o controle espacial e temporal da lignificação decisivo no suporte das plantas, transporte de água e resistência a doenças.

A DETOTAL foi maior para a folha jovem ($608,4 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) e menor para folha expandida ($555,6 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) (Tabela 1). A menor DETOTAL encontrada na folha expandida é resultado, possivelmente, da presença de metabólito secundário que inibe a ação dos microrganismos presentes no rúmen, com isso, a degradação fica comprometida. Trabalhando com *Poincianella bracteosa*, Oliveira (2016) encontrou degradabilidade potencial de $605,5 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$ e DIVMS de $516 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$.

É importante mencionar que os valores das frações fibrosas das folhas senescentes tiveram comportamento inesperado, visto que é natural que a fração fibrosa aumente com a idade da planta, mas neste trabalho (Tabela 3.1), observou-se que as folhas senescentes, quando comparadas com as folhas expandidas, apresentaram menor conteúdo de lignina, semelhante conteúdo de FDN e FDA e maior DETOTAL ($P < 0,05$). Tal comportamento está relacionado com os mecanismos fisiológicos envolvidos na senescência, como a produção de etileno e ácido abscísico, que possuem um importante efeito no afrouxamento da parede celular no tecido senescente (DUBOIS, et al., PIOTROWSKA E BAJGUZ, 2011), o que pode

envolver a mobilização desses carboidratos para reservas vegetais (FRANÇA et al., 2020), uma vez que houve redução nos valores de lignina.

Boa parte da energia utilizada pelos microrganismos presentes no rúmen é obtida a partir da fermentação dos carboidratos dietéticos, que são convertidos em ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), precursores de glicose e ácidos graxos (BERCHIELLI et al., 2006). A folha senescente apresentou maior conteúdo de carboidratos totais (CHOT) ($772,5 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) (Tabela 3.2), sendo que, em torno de 30 % desse CHOT está indisponível para os microrganismos ruminais, e conseqüentemente não será utilizado pelo animal.

Tabela 3.0.2 Fracionamento de carboidratos de folhas de *Poincianella pyramidalis* em diferentes fenofases

Variável	Fenofases			EPM	P-Valor
	Folha jovem	Folha expandida	Folha senescente		
CHOT ¹	736,5±14,2b	712,5±3,7b	772,5±3,9a	8,40	0,0067
CNF ¹	489,0±11,5a	403,2±16,5b	473,0±0,6a	14,91	0,0041
CF ¹	247,5±4,4b	309,3±14,6a	299,5±3,3a	11,03	0,0068
A+B1 ²	663,7±7,8a	565,8±21,1b	612,3±2,3ab	16,58	0,0054
B2 ²	16,6±2,8b	24,32±5,1b	87,8±0,09a	9,24	0,0001
C ²	319,6±5,5b	409,8±22,3a	299,7±2,4b	17,62	0,0023

CHOT=carboidratos totais, CNF=carboidrato não fibroso, CF=carboidrato fibroso. EPM=erro padrão da média, P= valor de P. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem ($P>0,05$) entre si pelo teste de Tukey. ¹g/kg de MS. ²g/kg de CHO.

A folha jovem apresentou maior fração de carboidratos não fibrosos (CNF) ($489,0 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) juntamente com a folha senescente ($473,0 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$). A fração A+B1, referente aos carboidratos solúveis de rápida degradação, foi encontrada em maior quantidade na folha jovem, com $663,7 \text{ g.kg}^{-1} \text{ CHO}$. Para a fração C, fração indigestível, foi encontrada maior teor nas folhas expandidas ($409,8 \text{ g.kg}^{-1} \text{ CHO}$), uma vez que apresentou maior conteúdo de lignina.

Na produção de gases *in vitro*, a fermentação dos CHOT gerou maior volume final de gases (V_{t1}) para a folha jovem ($165,3 \text{ mL.g}^{-1} \text{ MS}$) (Tabela 3.3) (Figura 3.3), o que demonstra maior disponibilidade de nutrientes para os microrganismos ruminais.

Tabela 3.3 Cinética de produção de gases *in vitro* de folhas em fenofases diferentes de *Poincianella pyramidalis*

Variável	Fenofases			EPM	P-Valor
	Folha jovem	Folha expandida	Folha senescente		
V_{t1}	165,3±4,6a	150,8±3,2ab	133,2±4,6b	4,49	0,0053
V_{t2}	166,1±4,8a	146,3±6,7b	131,6±4,6b	3,59	0,0002
V_{f1}	138,4±7,2a	120,5±3,4b	100,2±1,6c	3,53	0,0001
k_1	0,0306±0,01b	0,0363±0,01a	0,0318±0,04b	0,0007	0,0001
V_2	27,7±4,6	25,7±4,7	31,3±3,1	1,48	0,4337
k_2	0,1671±0,05	0,1726±0,01	0,1680±0,02	0,009	0,9675
λ	4,38±0,2b	4,90±0,1ab	5,37±0,2a	0,11	0,0017

V_{t1} = volume (mL/g MS) total observado; V_{t2} = volume (mL/g MS) total encontrado a partir do modelo; V_{f1} = volume (mL) de gases produzidos pela degradação da fração A+B₁ do Sistema de Cornell (CNF); k_1 =taxa (%/h) específica de produção de gases pela degradação da fração A+B₁ (CNF); V_2 = volume (mL) de gases produzidos pela degradação da fração B₂ do Sistema de Cornell (CF); k_2 = taxa (%/h) específica de produção de gases pela degradação da fração B₂(CF); λ = latência (h).

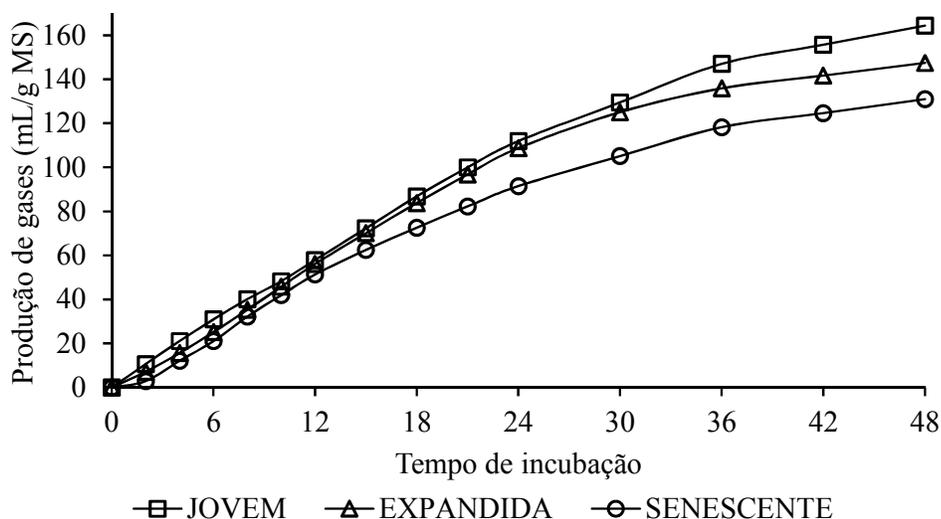


Figura 3.3 Volume de gases produzidos em incubação *in vitro* de folhas de *Poincianella pyramidalis* em diferentes fenofases.

Oliveira (2016), estudando a produção de gases de espécies arbóreas da caatinga com potencial forrageiro, observou V_{t2} de 199,04 mL.kg⁻¹ MS para *P. bracteosa*. O volume total de gases observado (V_{t1}) foi próximo ao encontrado pelo modelo bicompartimental (V_{t2}), comprovando o ajuste do modelo. Durante os eventos iniciais da degradação ruminal, os nutrientes solúveis são responsáveis pelo maior volume dos gases produzidos.

Diante de toda a composição apresentada das diferentes fenofases, pode-se correlacionar com as observações realizadas no campo sobre o comportamento alimentar dos animais, de modo que, foi possível observar certa preferência dos animais em pastejo pelas

folhas jovens e, principalmente, pelas folhas senescentes (serapilheira), com isso a composição química explica tal preferência.

CONCLUSÃO

A folha jovem e a folha senescente apresentam melhor composição químico-bromatológica no tocante ao teor de proteína e qualidade da fibra. A folha senescente se destaca por conter maior teor de carboidratos possíveis de serem utilizados pelos microrganismos ruminais e reflete em maior disponibilidade de energia para o animal.

A *Poincianella pyramidalis* é uma importante fonte alimentar para os animais na região Semiárida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. P.; COSTA, R. G.; SANTOS, E. M.; SILVA, D. S. Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.4, n.4, p.01-14, dez. 2010.
- ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; MEDEIROS, G. R.; MEDEIROS, A. N.; SOUZA, M. T. C.; SILVA, I. F.; BRUNO, R. L. A. MAGALHÃES, A. L. Lavouras xerófilas como estratégia de produção de forragem no semiárido. *In*, XIMENES, L., da SILVA, M. S. L., & BRITO, L. D. L. eds. (2019). Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro. *Embrapa Semiárido-Livro técnico (INFOTECA-E)*.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15th Ed. AOAC, Arglington, USA, 1990. 745 p.
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: Funep, p. 616, 2006.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*. 7 ed. Rockville: American Society of Plant Biologists, 2009. 1367 p.
- DUBOIS, M.; VAN DEN BROECK, L.; INZÉ, D. The pivotal role of ethylene in plant growth. *Trends in Plant Science*, 23(4), 311-323. 2018.
- FRANÇA, A. A. D.; SILVA, D. S. D.; FECHINE, J. T.; SOUSA, F. A. D.; ANDRADE, A. P. D.; LICHSTON, J. E. Potential and restrictions of *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz as native forage in the Brazilian semi-arid region. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 42. 2020.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, DC: USDA, 1970. (Agricultural Handbook, 379).

- HABERMANN, E.; OLIVEIRA, E. A. D.; CONTIN, D. R.; DELVECCHIO, G.; VICIEDO, D. O.; MORAES, M. A.; ... MARTINEZ, C. A. Warming and water deficit impact leaf photosynthesis and decrease forage quality and digestibility of a C4 tropical grass. *Physiologia Plantarum*, 165(2), 383-402, 2019.
- HOLDEN, L. A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 8, p. 1791-1794, 1999.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.
- LUTTGE, U. Ability of crassulacean acid metabolism plants to overcome interacting stresses in tropical environments. *AoB plants*, 2010, 1-15.
- OLIVEIRA, L. P. **Atributos químico-bromatológicos, cinética de degradação e produção de gases de espécies arbóreas da caatinga com potencial forrageiro**. 2016. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns. Pernambuco, 2016.
- PEDREIRA, M.S.; BERCHIELLI, T.T. 2011. Minerais. In: Berchielli, T.T., Pires, A.V., & Oliveira, S.G. (2.ed.) *Nutrição de Ruminantes*. FUNEP, Jaboticabal, Brazil. 2011. pp. 345-366.
- PIOTROWSKA, A.; BAJGUZ, A. Conjugates of abscisic acid, brassinosteroids, ethylene, gibberellins, and jasmonates. *Phytochemistry*, 72(17), 2097-2112, 2011.
- ROGERS, E CAMPBELL. The genetic control of lignin deposition during plant growth and development. **New Phytologist**. v. 164, p. 17–30, 2004.
- SANTANA, D. F. Y. et al. Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, n. 1, p. 69-78, 2011.
- SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 11, p. 2980-2991, 1994.
- SENGER, C. C. D. et al. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 146, n. 1-2, p. 169–174, 2008.
- SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 7, p. 3562–3577, 1992.
- SOUZA, C. et al. Disponibilidade e valor nutritivo da vegetação de Caatinga no Semiárido Norte Riograndense do Brasil. **Revista Holos**, v. 3, p. 196-204, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 888 p.
- THEODOROU, M .K. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 48, n. 3-4, p. 185-197, 1994.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British of Grassland Society**, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

- VALENTE, T.N.P. et al. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, n. 11, p. 2565-2573, 2011.
- VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. **Journal of the Association of Official Agricultural Chemists**, v.46, p.825-829, 1963a.
- VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of Official Agricultural Chemists**, v. 46, p. 829-835, 1963b.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

Informações que envolvem valores nutricionais, não só das espécies nativas, mas também de todos os alienígenos utilizados na produção animal são de fundamental importância para definir um manejo alimentar sustentável na Caatinga.

A *Poincianella pyramidalis* apresenta características produtivas e químicas de fundamental importância para a produção animal no Semiárido, participando diretamente na dieta de animais em pastagem nativa. Embora seja comprovada a importante participação da *Poincianella pyramidalis* na produção animal, ainda necessita de mais pesquisas para identificar e caracterizar possíveis princípios tóxicos presentes em sua composição.

De acordo com os dados encontrados neste trabalho, a *P. Pyramidalis* é de fundamental importância para a produção animal no Semiárido, embora ainda seja necessário de mais estudos para quantificar os compostos químicos presente em sua composição, em paralelo com seu comportamento em ambiente ruminal. Com isso desenvolver um ponto de equilíbrio na sua utilização na alimentação animal.