

**Universidade Federal de Goiás**  
Instituto de Ciências Biológicas

**Lília Cristina de Souza Barbosa**

**MORFO-ANATOMIA E FITOQUÍMICA DE**  
*Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *Cymbopogon nardus* (L.)  
Rendle (Poaceae: Panicoideae)

Goiânia

2007

Lília Cristina de Souza Barbosa

**MORFO-ANATOMIA E FITOQUÍMICA DE *Cymbopogon densiflorus* (Steud.)  
Stapf e *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle (Poaceae: Panicoideae)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia – Mestrado – do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Goiás, como requisito necessário à obtenção do título de Mestre em Biologia.

**Orientadora:** Profa. Dra. Maria Helena Rezende

**Co-orientador:** Prof. Dr. José Realino de Paula

Goiânia

2007

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(GPT/BC/UFG)

**Barbosa, Lília Cristina de Souza.**  
B238m Morfo-anatomia e fitoquímica de *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle (Poaceae: Panicoideae) [manuscrito] / Lília Cristina de Souza Barbosa. – 2007.

113 f. : il. ; figs., tabs.

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Helena Rezende. Co-Orientador: Prof. Dr. José Realino de Paula.**

**Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, 2007.**

Bibliografia.

**Inclui lista de ilustrações, tabelas e gráficos.**

1. Plantas medicinais 2. Essências e óleos essenciais  
3. *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf 4. *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle  
5. Fitoterapia I. Rezende, Maria Helena II. Paula, José Realino III.  
Universidade Federal de Goiás, **Instituto de Ciências Biológicas.** IV.  
Título.

CDU: 615.89:633.2

**DEDICO...**

A Deus, que me tornou uma pessoa privilegiada e capacitada para adquirir aprendizados.

**OFEREÇO...**

À todas as pessoas que me ajudaram a tornar possível a realização deste trabalho.

**HOMENAGEIO...**

Aos meus pais e meu irmão, que sempre me incentivaram, me dando apoio, amor e carinho  
sem cessar.

## AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. Maria Helena Rezende, pela paciência e dedicação, em orientar essa dissertação.

Ao Professor Dr. José Realino de Paula, pela co-orientação e grandes contribuições fornecidas a este trabalho.

À Professora Dra. Dalva Graciano-Ribeiro, da Universidade de Brasília (UnB) pelas preciosas dicas e materiais literários, participação, atenção, colaboração com essa dissertação.

Ao Professor Dr. Tarciso Sousa Filgueiras, pesquisador da Reserva Ecológica do IBGE – RECOR, Brasília-DF, especialista em Poaceae, pela contribuição ao identificar as espécies vegetais estudadas neste trabalho e por disponibilizar materiais literários que enriqueceram e deram subsídios a esta pesquisa.

À Professora Dra. Simone Maria Teixeira Sabóia-Morais, do Laboratório de Comportamento Celular/Laboratório de Neurobiologia, do Instituto de Ciências Biológicas/UFG e à técnica Rosana Falcão, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia - CENARGEN, Brasília-DF - pela importante colaboração na metodologia que foram importantes para realizar a Microscopia Eletrônica de Varredura.

Ao professor Dr. Pedro Henrique Ferri e seus estagiários, do Laboratório de Química de Produtos Naturais, do Instituto de Química/UFG, pela colaboração na Cromatografia Gasosa e Espectrometria de Massa dos óleos essenciais.

Ao professor MSc. Heleno Dias Ferreira, do Departamento de Biologia Geral/UFG, pelo auxílio na descrição morfológica e sugestões importantes fornecidas a este trabalho.

À Professora Dra. Alessandra Feijó M. Viu, do Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, Campus Avançado de Jataí, UFG, pela atenção e empréstimo de recursos que permitiram o desenvolvimento deste trabalho.

À Professora Dra. Maria Bernadete Gonçalves Martins, da UNESP de São Vicente-SP, pela atenção e material literário que enriqueceu esta pesquisa.

Aos colegas Maria Tereza Faria, Leonice Faustino Manrique Tresvenzol, Joelma Abadia Marciano de Paula, Darlene Ana de Paula Vieira, Fernanda Pimenta Simon Ferreira, Alexandre Pereira Santos, Daniel Teles Zatta e Edson Ferreira Duarte e às estagiárias Letícia Domingos e Dayana Abdalla, pelos grandes auxílios na metodologia desta pesquisa e pela amizade.

Aos técnicos Eli Noronha, do Laboratório de Anatomia Vegetal, da Universidade de Brasília, pelas preciosas dicas que contribuíram para a execução deste trabalho.

À colega Sílvia Fernandes pela boa vontade, paciência e importante auxílio na metodologia, que foi imprescindível para a realização da Microscopia Eletrônica de Varredura, na Universidade de Brasília.

À MSc. Carina Verna, Tecnóloga Oftálmica da Escola Paulista de Medicina, São Paulo-SP, pelo auxílio na edição das fotos, nas análises estatísticas e também, pela enorme amizade.

À Coordenadoria de Apoio Pessoal ao Ensino Superior - CAPES - pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa.

A todos que de forma direta e indiretamente contribuíram para tornar possível a execução deste trabalho.

“Ninguém é tão ignorante que não tenha algo a ensinar; e ninguém é tão sábio que não tenha algo a aprender.”

**Blaise Pascal** (*Filósofo, físico, matemático e escritor francês*)

“O que importa na vida não é o ponto de partida, mas a caminhada. Caminhando e semeando, no fim terás o que colher!”

**Cora Coralina** (*Poetisa goiana*)

## SUMÁRIO

RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	12
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	
1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Referências Bibliográficas .....	18
2 OBJETIVOS .....	22
2.1 Objetivo Geral .....	22
2.2 Objetivos Específicos .....	22
<b>CAPÍTULO 1 – Morfo-anatomia das Folhas e Colmos de <i>Cymbopogon densiflorus</i> (Steud.) Stapf e <i>C. nardus</i> (L.) Rendle (Poaceae: Panicoideae)</b>	
1 INTRODUÇÃO .....	25
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	27
2.1 Material Botânico .....	27
2.2 Caracterização Morfológica .....	27
2.3 Caracterização Anatômica .....	27
2.3.1 Microscopia Óptica .....	27
2.3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura .....	29
3 RESULTADOS .....	31
3.1 Caracterização Morfológica .....	31
3.1.1 <i>Cymbopogon densiflorus</i> (Steud.) Stapf .....	31
3.1.2 <i>Cymbopogon nardus</i> (L.) Rendle .....	31
3.2 Caracterização Anatômica .....	32
3.2.1 <i>Cymbopogon densiflorus</i> (Steud.) Stapf .....	32
3.2.1.1 Lâmina Foliar .....	32
3.2.1.2 Bainha Foliar .....	34
3.2.1.3 Colmo .....	34
3.2.2 <i>Cymbopogon nardus</i> (L.) Rendle .....	36
3.2.2.1 Lâmina Foliar .....	36
3.2.2.2 Bainha Foliar .....	38
3.2.2.3 Colmo .....	38
3.3 Densidade Estomática .....	41
4 DISCUSSÃO .....	42
5 CONCLUSÃO .....	47
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
7 ILUSTRAÇÕES .....	54



**CAPÍTULO 2 – Determinação dos Teores de Umidade e Cinzas e Prospecção Fitoquímica das Folhas de *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle (Poaceae: Panicoideae)**

1 INTRODUÇÃO .....	67
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	69
2.1 Material Botânico .....	69
2.2 Determinação do Teor de Umidade .....	69
2.3 Determinação do Teor de Cinzas .....	70
2.3.1 Determinação do Teor de Cinzas Totais .....	70
2.3.2 Determinação do Teor de Cinzas Insolúveis em Ácido Clorídrico (HCl) .....	70
2.4 Prospecção Fitoquímica .....	71
2.4.1 Pesquisa de Heterosídeos Antraquinônicos .....	71
2.4.2 Pesquisa de Heterosídeos Cardioativos .....	72
2.4.3 Pesquisa de Heterosídeos Flavonóides .....	73
2.4.4 Pesquisa de Heterosídeos Saponínicos .....	74
2.4.5 Pesquisa de Taninos .....	75
2.4.6 Pesquisa de Alcalóides .....	76
2.4.7 Pesquisa de Cumarinas .....	77
3 RESULTADOS .....	78
3.1 Teores de Umidade, Cinzas Totais e Cinzas Insolúveis em Ácido Clorídrico (HCl) .....	78
3.2 Prospecção Fitoquímica .....	79
4 DISCUSSÃO .....	81
5 CONCLUSÃO .....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	86

**CAPÍTULO 3 – Análise do Óleo Essencial Extraído das Folhas de *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle (Poaceae: Panicoideae)**

1 INTRODUÇÃO .....	92
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	94
2.1 Material Botânico .....	94
2.2 Extração dos Óleos Essenciais .....	94
2.3 Análise da Composição Química dos Óleos Essenciais .....	95
3 RESULTADOS .....	96
3.1 Rendimento dos Óleos Essenciais .....	96
3.2 Análise da Composição Química dos Óleos Essenciais .....	97
3.2.1 Análise da Composição Química dos Óleos Essenciais de <i>Cymbopogon densiflorus</i> (Steud.) Stapf .....	97
3.2.2 Análise da Composição Química dos Óleos Essenciais de <i>Cymbopogon nardus</i> (L.) Rendle .....	101
4 DISCUSSÃO .....	104
5 CONCLUSÃO .....	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	109

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### **CAPÍTULO 1 – Estudo Morfo-anatômico das Folhas e Colmos de *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle (Poaceae: Panicoideae)**

<b>Figura 1</b> Aspectos morfológicos de <i>C. densiflorus</i> .....	55
<b>Figura 2</b> Aspectos morfológicos de <i>C. nardus</i> .....	56
<b>Figuras 3-8</b> <i>C. densiflorus</i> - lâmina foliar .....	57
<b>Figuras 9-12</b> <i>C. densiflorus</i> - lâmina foliar, em microscopia eletrônica de varredura .....	58
<b>Figuras 13-18</b> <i>C. densiflorus</i> - lâmina foliar .....	59
<b>Figuras 19-23</b> <i>C. densiflorus</i> - bainha foliar .....	60
<b>Figuras 24-28</b> <i>C. densiflorus</i> - colmo .....	61
<b>Figuras 29-34</b> <i>C. nardus</i> - lâmina foliar .....	62
<b>Figuras 35-38</b> <i>C. nardus</i> - lâmina foliar .....	63
<b>Figuras 39-42</b> <i>C. nardus</i> - bainha foliar .....	64
<b>Figuras 43-48</b> <i>C. nardus</i> - colmo .....	65

### **CAPÍTULO 3 – Análise do Óleo Essencial Extraído das Folhas de *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle (Poaceae: Panicoideae)**

<b>Figura 1</b> Cromatograma do óleo essencial da amostra 1 de <i>C. densiflorus</i> .....	100
<b>Figura 2</b> Cromatograma do óleo essencial da amostra 2 de <i>C. densiflorus</i> .....	100
<b>Figura 3</b> Cromatograma do óleo essencial da amostra 1 de <i>C. nardus</i> .....	103
<b>Figura 4</b> Cromatograma do óleo essencial da amostra 2 de <i>C. nardus</i> .....	103

## LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

### **CAPÍTULO 1 – Morfo-anatomia das Folhas e Colmos de *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle (Poaceae: Panicoideae)**

<b>Tabela 1</b> Caracteres anatômicos diferenciais entre <i>C. densiflorus</i> e <i>C. nardus</i> .....	40
<b>Tabela 2</b> Média do número de estômatos por mm <sup>2</sup> da lâmina foliar das amostras 1 e 2 de <i>C. densiflorus</i> .....	41
<b>Tabela 3</b> Média do número de estômatos por mm <sup>2</sup> da lâmina foliar das amostras 1 e 2 de <i>C. nardus</i> .....	41

### **CAPÍTULO 2 – Determinação dos Teores de Umidade e Cinzas e Prospecção Fitoquímica das Folhas de *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle (Poaceae: Panicoideae)**

<b>Tabela 1</b> Teores de umidade, cinzas totais e cinzas insolúveis em ácido clorídrico das folhas de <i>C. densiflorus</i> e <i>C. nardus</i> , expressos em porcentagem (p/p) .....	78
<b>Tabela 2</b> Principais classes de metabólitos secundários detectados nas folhas de <i>C. densiflorus</i> .....	79
<b>Tabela 3</b> Principais classes de metabólitos secundários detectados nas folhas de <i>C. nardus</i> .....	79

### **CAPÍTULO 3 – Análise do Óleo Essencial Extraído das Folhas de *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle (Poaceae: Panicoideae)**

<b>Tabela 1</b> Teor de óleo essencial em porcentagem (V/p) das folhas de <i>C. densiflorus</i> coletadas em duas localidades diferentes de Jataí-GO .....	96
<b>Tabela 2</b> Teor de óleo essencial em porcentagem (V/p) das folhas de <i>C. nardus</i> coletadas na Reserva Ecológica do IBGE-RECOR, Brasília-DF (amostra 1) e Horto de Plantas Medicinais da Faculdade de Farmácia - UFG, Goiânia-GO (amostra 2) .....	96
<b>Tabela 3</b> Componentes do óleo essencial das folhas de <i>C. densiflorus</i> .....	98
<b>Gráfico 1</b> Classes dos constituintes do óleo essencial das folhas de <i>C. densiflorus</i> (Steud.) Stapf, em porcentagem .....	99
<b>Tabela 4</b> Constituintes do óleo essencial de <i>C. densiflorus</i> e suas respectivas classes .....	99
<b>Tabela 5</b> Componentes do óleo essencial das folhas de <i>C. nardus</i> .....	101
<b>Gráfico 2</b> Classes dos constituintes do óleo essencial das folhas de <i>C. nardus</i> , em porcentagem .....	102
<b>Tabela 6.</b> Constituintes do óleo essencial de <i>C. nardus</i> (L.) Rendle e suas respectivas classes .....	102

## RESUMO

O gênero *Cymbopogon* Sprengel pertence à família Poaceae e compreende 40 espécies, distribuídas pela África Tropical e Subtropical, Ásia e Austrália, embora algumas foram introduzidas na América. Diversas espécies deste gênero são cultivadas para a extração de óleos essenciais, a partir de suas folhas, sendo então de grande importância medicinal, alimentar e industrial. As espécies em estudo *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle, são originárias da África e Ásia, respectivamente. Esta pesquisa teve por objetivo, ampliar o conhecimento sobre as espécies *C. densiflorus* e *C. nardus*, por meio do estudo morfo-anatômico das folhas e colmo, prospecção fitoquímica e análise dos óleos essenciais das folhas. Estudos anatômicos têm sido de relevante importância para pesquisas farmacognósticas; principalmente para a identificação de diversas matérias-primas vegetais, que muitas vezes são conhecidas pelo mesmo nome popular ou então, comercializadas com contaminantes ou de outras partes da mesma espécie. Por meio das análises anatômicas verificaram-se caracteres comuns entre ambas as espécies, tais como lâminas e bainhas foliares anfiestomáticas, estômatos com células-guarda halteriformes e células subsidiárias em forma de cúpula, raros na face adaxial e abundantes na face abaxial predominando nas regiões intercostais. As faces adaxial e abaxial apresentam células longas e células curtas: suberosas e silicificadas halteriforme e cruciforme, sendo as últimas localizadas nas regiões costais; macrotricomas e microtricomas predominam na face abaxial. Nas lâminas foliares, as células buliformes estão presentes na face adaxial da epiderme, intercaladas por fibras na região costal e o mesofilo é homogêneo disposto radialmente aos feixes vasculares, com distância intervenal de uma a três células, caracterizando anatomia Kranz. Os feixes vasculares colaterais, de 1ª, 2ª e 3ª ordens com bainha de feixe única. A região do bordo é formada por fibras e a epiderme apresenta células silicificadas. Entretanto, ocorrem características anatômicas distintas entre as duas espécies, como formato da nervura central, nas lâminas foliares; *C. densiflorus* apresenta células parenquimáticas incolores, na bainha foliar, que estão ausentes em *C. nardus* e o número de elementos de metaxilema em cada lado dos elementos de protoxilema: 1, em *C. densiflorus* e 2 a 3, em *C. nardus* e presença de cilindro esclerenquimático e medula fistulosa em *C. nardus*, caracteres ausentes em *C. densiflorus*. A análise fitoquímica preliminar das folhas de *C. densiflorus* e *C. nardus* evidenciou flavonóides, saponinas, cumarinas e traços de heterosídeos cardioativos. Na análise dos óleos essenciais, as folhas de *C. densiflorus* apresentaram trans-*p*-menta-1(7),8-dien-2-ol, trans-*p*-menta-2-8-dien-1-ol, cis-carveol e cis-*p*-menta-2-8-dien-1-ol, como constituintes majoritários; enquanto que em *C. nardus* foram geraniol, citronelol e citronelal. Os caracteres anatômicos observados podem ser importantes para as determinações taxonômicas das espécies estudadas. Por meio dos resultados encontrados, verifica-se o potencial fitoterápico de ambas as espécies. Futuras pesquisas em isolamento e purificação dos metabólitos secundários, análises farmacológicas e toxicológicas dos extratos e dos óleos essenciais, serão importantes para assegurar a eficácia terapêutica destas.

**Palavras-chave:** plantas medicinais, morfo-anatomia; flavonóides, óleos essenciais, fitoterápicos.

## ABSTRACT

The genus *Cymbopogon* Sprengel belong to the Poaceae family and it has 40 species distributed in Tropical and Subtropical Africa, Asia and Australia, although some species went introduced in America. Many species of this genus are cultivated for the extraction of essential oil, from their leaves, with large medicinal, food and industrial importance. The species in focus, *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf and *C. nardus* (L.) Rendle are originated from Africa and Asia, respectively. This research had as objective, to broaden the knowledge about the species *C. densiflorus* and *C. nardus*, by the morphological and anatomy studies from leaves and culms, phytochemical analysis and essential oil analysis from the leaves. Anatomical studies have been of relevant importance to the pharmacognosy researches, mainly for the identification of many vegetal raw materials. Several times, these raw materials are known by the same popular name or then, they are commercialized with contaminated agents or with other parts of the specie. Through of anatomical analysis, it was checked commons characters, such as leaf lamina and sheath amphistomata, stomatas with guard cells dumbbell and subsidiary cells dome-shape, rares in adaxial surface and abundant in abaxial surface, predominated in intercostal zones. The adaxial and abaxial surfaces had long cells and short cells: cork and dumb-bell and cross-shaped silica cells, these last it is placed in costal zones; macro-hairs and micro-hairs abundant in abaxial surface. In the leaf lamina, bulliforms cells are presents in adaxial surface, they were alternated with fibers in the costal zones and the mesophyll is homogeneous with chlorenchyma radiated to the bundle sheaths and arm cells with walls invaginated that they determined the intervenal distance by one or three cells, characterized Kranz anatomy. Bundle sheaths collateral, of 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> orders with single vascular bundle sheaths. The cap region is constituted by sclerenchyma and the epidermis has silica cells. However, both species had different anatomical features, as the form of midrib, in the leaf laminas; *C. densiflorus* showed colourless parenchyma cells in the mesophyll of leaf sheaths, that they do not exist in *C. nardus*. In the culms, numbers of metaxylem vessels in the each side of protoxylem vessels in vascular bundles: 1, in *C. densiflorus*, 2 and 3, in *C. nardus*; and the presence of sclerenchyma cylinder and fistula in *C. nardus*, absent characters in *C. densiflorus*. Moreover, in *C. densiflorus*, while *C. nardus* showed these characters. The preliminary phytochemistry analysis *C. densiflorus* and *C. nardus* leaves evidenced flavonoids, saponins, coumarins and traces of cardioactive glycosides. In the essential oil analysis, *C. densiflorus* leaves showed trans-*p*-mentha-1(7),8-dien-2-ol, trans-*p*-mentha-2-8-dien-1-ol, cis-carveol and cis-*p*-mentha-2-8-dien-1-ol as majority constituents; while *C. nardus* leaves had geraniol, citronellol and citronellal. The anatomical characters observed can be important to the taxonomic determinations of species studied, in the genus. Through the results found, it verifies the phytotherapics potential of both species. Future researches in isolation and purify of the secondary metabolites, pharmacologics and toxicologics analysis of extracts and of the essential oil, it will be important to assure the therapeutic efficiency of these.

**Keywords:** medicinal plants, morphology and anatomy, flavonoids, essential oil, phytotherapics.

---

## **INTRODUÇÃO GERAL**

---

## 1 INTRODUÇÃO

O gênero *Cymbopogon* Sprengel vem do grego *kymbe* (bote, navio) e *pogon* (barba), em referência ao formato das inflorescências. Pertence à família Poaceae (subfamília Panicoideae) que apresenta cerca de 700 gêneros e 12.000 espécies (SOENARKO, 1977; WATSON e DALLWITZ, 2005), sendo uma das principais famílias de Angiospermas, do ponto de vista econômico, em número de espécies utilizadas e importantes ao homem (JOLY, 2002; SOUZA & LORENZI, 2005). Esse gênero está representado com aproximadamente 40 espécies, distribuídas pela África Tropical e Subtropical, Ásia e Austrália. Compreende espécies perenes ou raramente anuais, cespitosas e aromáticas. Colmos frequentemente eretos, que medem de 30 cm a 3 metros de altura. Lâminas foliares lineares (largas a filiformes), lígula membranosa, cartácea ou membrano-cartácea, glabra. Inflorescências em espiguetas densas dispostas em panículas. Diversas espécies são cultivadas para a extração de óleos essenciais a partir de suas folhas, de grande importância medicinal, alimentar e industrial (SOENARKO, 1977; NATH et al., 2002; WATSON e DALLWITZ, 2005; CHEN e PHILLIPS, 2006).

As espécies do gênero *Cymbopogon* encontradas no Brasil foram introduzidas e aclimatadas durante o período colonial, quanto posteriormente, devido às diversas imigrações ocorridas ao decorrer da história brasileira (FILGUEIRAS, 2005). Dentre as espécies que foram introduzidas no Brasil, pode-se citar: *C. citratus* (DC) Stapf., *C. densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle, popularmente conhecidas como capim-caboclo e capim-citronela, respectivamente. Segundo MATOS (2002), no Brasil, *C. citratus* produz raras flores e estéreis e desta forma se reproduz por perfilhagem.

As espécies em estudo, *Cymbopogon densiflorus* encontrada no Zaire, Zâmbia, Rodésia, Gabão foi introduzida e aclimatada no Brasil (SOENARKO, 1977; RENVOIZE, 1984; SILVA, 2000), enquanto que *C. nardus* encontrada na Índia e no Ceilão e foi introduzida nos trópicos (SOENARKO, 1977).

Segundo SOENARKO (1977), *C. densiflorus* é usada como um tônico e estíptico pelos nativos na África e o óleo de *C. nardus* é utilizado na indústria para a fabricação de sabões, desinfetantes e repelentes de insetos. De acordo com MARTINS et al. (1995), *C. densiflorus* é indicada para tosse, bronquite, rouquidão e afecções catarrais, sendo usada popularmente em banhos e defumações, enquanto que *C. nardus* se assemelha ao *C. citratus*,

mas com aroma que lembra o *Eucalyptus citriodora* Hook. (eucalipto citriodora), em razão do alto teor de geraniol e citronelal em seu óleo essencial, sendo utilizada na fabricação de perfumes e cosméticos, e também como repelente de insetos. TAKAISI-KIKUNI et al. (1996) reportam que essa espécie é popularmente usada no Congo contra várias doenças, tais como: asma, febre, resfriado, epilepsia, câimbras e dores abdominais, bem como na culinária e fabricação de perfumes. TAKAISI-KIKUNI et al. (2000) relataram que o óleo essencial de *C. densiflorus* mostrou um amplo espectro de atividade contra bactérias Gram-negativas e Gram-positivas, apresentando maior sensibilidade nestas últimas. KANKO et al. (2004) estudaram o óleo essencial das folhas de *C. nardus* e verificaram a presença de geraniol, mirceno e limoneno. SILVA (2007) verificou em um levantamento etnobotânico, que as folhas de *C. densiflorus* são popularmente utilizadas para o tratamento de constipação intestinal e também, em banhos de descarrego contra a inveja e mau-olhado em rituais de Umbanda.

Os vegetais fazem parte da vida do homem desde seus primórdios como fonte de alimentos, de materiais para o vestuário, habitação, utilidades domésticas, defesa e ataque, na produção de meios de transporte, como utensílios para manifestações artísticas, culturais e religiosas e como meio restaurador da saúde (SCHENKEL et al., 2003). Historicamente, o homem utiliza recursos naturais, para diversos fins, principalmente alimentício e medicinal (VILA VERDE et al., 2003). O uso dos vegetais como alimento, medicamento ou cosmético, se perde na história do homem na face da Terra (TESKE e TRENTINI, 2001) e tem-se difundido largamente nos últimos anos (ALMEIDA et al., 2002).

As plantas têm tido uma longa história de utilização na medicina popular (BARNES e PRASAIN, 2005), sendo o resultado do acúmulo secular de conhecimentos empíricos sobre a ação dos vegetais, por diversos grupos étnicos (SIMÕES et al., 1989). No Brasil, a utilização de plantas no tratamento de doenças apresenta, fundamentalmente, influências da cultura indígena, africana e, naturalmente, européia (MARTINS et al., 1995), ocasionando em uma diversidade de conhecimentos populares a respeito do uso medicinal das plantas.

Os recursos da biodiversidade são fundamentais para o desenvolvimento econômico, social e cultural das sociedades humanas (FONSECA-KRUEL e PEIXOTO, 2004) e a partir de uma perspectiva histórica, a produção de medicamentos e o tratamento



farmacológico de doenças começaram com o uso de plantas medicinais (SCHULZ et al., 2002).

As plantas medicinais têm sido utilizadas nos países em desenvolvimento como tratamentos alternativos para problemas de saúde (DUARTE et al., 2005). A fitoterapia vem sendo aprimorada em países em desenvolvimento não somente como um caminho para resgatar tradições antigas, mas também como uma solução alternativa para problemas de saúde (MARTÍNEZ et al., 1996). Em comparação com as preparações convencionais, os produtos fitoterápicos utilizados na medicina popular podem apresentar alguns problemas relacionados ao aspecto qualidade. Isso ocorre por causa da natureza das plantas, formadas por misturas complexas de compostos químicos que podem variar consideravelmente dependendo dos fatores ambientais e genéticos (NEWALL et al., 2002). Os metabólitos secundários das plantas são influenciados por três fatores principais: hereditários (composição genética), ontogênicos (estádio de desenvolvimento) e ambientais (ROBBERS et al., 1997).

O conhecimento sobre plantas medicinais simboliza muitas vezes o único recurso terapêutico de muitas comunidades e grupos étnicos. Nas regiões pobres do Brasil e até mesmo nas grandes cidades brasileiras, plantas medicinais são comercializadas em feiras livres, mercados populares e cultivadas em quintais residenciais (MACIEL et al., 2002).

Em diferentes países, a medicina popular através de plantas é amplamente praticada por raizeiros e pequenos ervanários, e apresenta-se em franca expansão. No outro extremo, encontra-se o usuário que se adapta ao mercado de acordo com sua situação sócio-econômica, mas com interesse em solucionar suas necessidades primárias de saúde (NUNES et al., 2003). Muitas destas plantas são comercializadas por raizeiros que desconhecem quaisquer procedimentos que mantenham as propriedades farmacológicas das plantas. Assim, percebe-se a importância da realização de estudos que visam o controle da qualidade de tais plantas. Entende-se por qualidade o conjunto de critérios que caracterizam a matéria-prima para o uso ao qual se destina. Portanto, a qualidade da matéria-prima vegetal é a determinante inicial da qualidade do fitoterápico (FARIAS, 2003). A eficácia e a segurança terapêutica de espécies vegetais dependem da qualidade, sofrendo influência de diversos fatores extrínsecos e intrínsecos, exigindo a obediência às condições ideais de cultura, colheita, secagem, estabilização, manufatura, conservação e armazenamento (AMARAL et al., 2003).

Dentro desta perspectiva, neste trabalho elegeram-se as espécies *C. densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle como objeto de estudo. Visou-se a pesquisa morfo-anatômica e fitoquímica para fins de controle de qualidade de amostras de folhas e colmos dessas espécies.

## 1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS<sup>(\*)</sup>

ALMEIDA, M.M.B.; LOPES, M.F.G.; NOGUEIRA, C.M.D.; MAGALHÃES, C.E.C.; MORAIS, N.M.T. Determinação de nutrientes minerais em plantas medicinais. **Ciência em Tecnologia de Alimentos**. 22(1): 94-97. 2002.

AMARAL, F.M.F.; COUTINHO, D.F.; RIBEIRO, M.N.S.; OLIVEIRA, M.A. Avaliação da qualidade de drogas vegetais comercializadas em São Luís/Maranhão. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. 13(supl.): 27-30. 2003.

BARNES, S; PRASAIN, J. Current Progress in the use of traditional medicines and nutraceuticals. **Current Opinion in Plant Biology**. 8: 324-328. 2005.

CHEN, S.; PHILLIPS, S. M. *Cymbopogon* Sprengel. **Flora of China**. 22: 624-631. 2006.

DUARTE, M.C.T.; FIGUEIRA, G.M.; SARTORATTO, A. REHDER, V.G.; DELARMELENA, C. Anti-*Candida* activity of Brazilian medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**. 97: 305-311. 2005.

FARIAS, M.R. Avaliação da qualidade de matérias-primas vegetais. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P. R. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5<sup>a</sup> ed. Porto Alegre/Florianópolis: UFRGS. p. 263-288. 2003.

FILGUEIRAS, T.S. Asiáticas no Brasil: Gramíneas (Poaceae) Introduzidas da Ásia. **Eugeniana**. 28: 3-18. 2005.

FONSECA-KRUEL, V.S.; PEIXOTO, A.L. Etnobotânica na Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo, RJ, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**. 18(1): 177-190. 2004.

JOLY, A.B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 13<sup>a</sup> ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 2002.

---

(\*) Referências bibliográficas conforme ABNT/NBR-6023: 2002.

KANKO, C.; SAWALIHO, B.E.H.; KONE, S.; KONKOUA, G.; GUESSAN, Y.T.N. Étude des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles de *Lippia multiflora*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus* e *Cymbopogon giganteus*. **Comptes Rendus Chimie**. 7: 1039-1042. 2004.

MACIEL, M.A.M.; PINTO, A.C.; VEIGA JR, V.F.; GRYNBERG, N. F.; ECHEVARRIA, A. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. **Química Nova**. 25(3): 429-438. 2002.

MARTÍNEZ, M.J.; BETANCOURT, J. ALONZO-GONZÁLEZ, N.; JAUREGUI, A. Screening of some Cuban medicinal plants for antimicrobial activity. **Journal of Ethnopharmacology**. 52: 171-174. 1996.

MARTINS, E.R.; CASTRO, D.M.; CASTELLANI, D.C.; DIAS, J.E. **Plantas medicinais**. 1ª ed (Reimpressão). Viçosa: UFV. 1995.

MATOS, F. J. A. **Farmácias Vivas**. Fortaleza: UFC. 4ª ed. (Revisada e atualizada). 2002.

NATH, S.C.; SARMA, K.K.; VAJEZIKOVA, I.; LECLERCQ, P.A. Comparison of volatile inflorescence oils and taxonomy of certain *Cymbopogon* taxa described as *Cymbopogon flexuosus* (Ness ex Steud.) Wats. **Biochemical Systematics and Ecology**. 30: 151-162. 2002.

NEWALL, C.A.; ANDERSON, L.A. & PHILLIPSON, J.D. **Plantas Medicinais: guia para profissional de saúde**. São Paulo: Editorial Premier. 2002.

NUNES, G.P.; SILVA, M.F.; RESENDE, U. M.; SIQUEIRA, J.M. Plantas medicinais comercializadas por raizeiros no Centro de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. 13(2): 83-92. 2003.

RENVOIZE, S. A. **The grasses of Bahia**. 1ª ed. Royal Botanic Gardens Kew. 1984.

ROBBERS, J.E.; SPEEDIE, M.K. & TYLER, V.E. **Farmacognosia e Farmacobiocologia**. São Paulo: Editorial Premier. 1997.

SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; PETROVICK, P. R. Produtos de Origem Vegetal e o Desenvolvimento de Medicamentos. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P. R. (Org.) **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5ª ed. Porto Alegre/Florianópolis: UFRGS. p. 371-400. 2003.

SCHULZ, V.; HÄNSEL, R.; TYLER, V.E. **Fitoterapia Racional: Um guia de Fitoterapia para as Ciências da Saúde**. 4ª ed. (1ª ed. Brasileira). São Paulo: Manole, 2002.

SILVA, C.S.P. **As plantas medicinais no município de Ouro Verde de Goiás, GO, Brasil: Uma abordagem etnobotânica**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de Brasília, Brasília-DF. 2007.

SILVA, R.R. **Gramíneas (Poaceae) da Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo, DF-Brasil**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de Brasília, Brasília-DF. 2000.

SIMÕES, C.M.O.; MENTZ, L.A.; SCHENKEL, E.P.; IRGANG, B. E. **Plantas da Medicina Popular do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS. 1989.

SOENARKO, S. The Genus *Cymbopogon* Sprengel (Gramineae). **Reinwardtia**. Vol. 9 (3): 225-375. 1977.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática** (Guia ilustrado para identificação das famílias das Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II). Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2005.

TAKAISI-KIKUNI, N.B.; KRUGER, D.; GNANN, W.; WECKE, J. Microcalorimetric and electron microscopic investigation on the effects of essential oil from *Cymbopogon densiflorus* on *Staphylococcus aureus*. **Microbios**. 88(354): 55-62. 1996.

TAKAISI-KIKUNI, N.B.; TSHILANDIA, D.; BABADY, B. Antibacterial activity of the essential oil of *Cymbopogon densiflorus*. **Fitoterapia**. 71: 69-71. 2000.

TESKE, M.; TRENTINI, A.M.M. **Compêndio de Fitoterapia**. 4ª ed. Curitiba: Herbarium Lab. Bot. Ltda., 2001.

VILA VERDE, G.M.; PAULA, J.R.; CARNEIRO, D.M. Levantamento Etnobotânico das Plantas Medicinais do Cerrado Utilizadas pela População de Mossâmedes (GO). **Revista Brasileira de Farmacognosia**. 13(supl.): 64-66. 2003.

WATSON, L.; DALLWITZ, M.J. **The grass genera of the world: *Cymbopogon* Spreng**. Version 28<sup>th</sup> November 2005. Disponível em: <<http://delta-inkey.com>>. Acesso em: 30/01/2007.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Ampliar o conhecimento sobre as espécies *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf. e *C. nardus* (L.) Rendle, realizando o estudo morfo-anatômico das folhas e colmos, prospecção fitoquímica e análise dos óleos essenciais das folhas destas espécies.

### 2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar a análise comparativa da morfo-anatomia das folhas e colmos de *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle;
- ✓ Realizar a prospecção fitoquímica das folhas destas espécies, verificando as classes de metabólitos secundários presentes em ambas;
- ✓ Extrair e analisar a composição química dos óleos essenciais das folhas das espécies em estudo;
- ✓ Estabelecer parâmetros de qualidade da matéria-prima vegetal;
- ✓ Fornecer subsídios para pesquisas taxonômicas e áreas afins.

---

## CAPÍTULO 1

MORFO-ANATOMIA DAS FOLHAS E DOS COLMOS DE  
*Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle  
(Poaceae: Panicoideae)

---



## 1 INTRODUÇÃO

A família Poaceae (Gramineae) trata-se de uma das maiores entre as Angiospermas, sendo possivelmente a de importância econômica mais relevante para o homem (JOLY, 2002). Possui aproximadamente 700 gêneros e 12.000 espécies e estão amplamente distribuídas geograficamente, isto é, são cosmopolitas (WATSON e DALLWITZ, 1992).

A grande variação nos caracteres morfo-anatômicos das folhas e dos caules deve-se a um conjunto de fatores adaptativos que ocorreram ao longo da evolução das plantas, para que a planta obtivesse sucesso ao meio, fornecendo importantes dados sobre a ecologia das espécies (FAHN e CUTLER, 1992), além de serem importantes na descrição Sistemática das espécies vegetais (DICKINSON, 2000).

Segundo JUDD et al. (1999), a importância econômica e ecológica dessa família tem motivado estudos aplicados à Taxonomia. Características anatômicas úteis na sistemática desta família têm sido demonstradas por diversos autores (FREIER, 1959; METCALFE, 1960; SENDULSKY e LABOURIAU, 1966; CAVALCANTE, 1968; CAMPOS e LABOURIAU, 1969; SÖNDAHL e LABOURIAU, 1970; TEIXEIRA DA SILVA e LABOURIAU, 1970; FIGUEIREDO e HANDRO, 1971; ELLIS, 1976 e 1979; KRISHNAN et al., 2000; PRYCHID, 2004, entre outros).

Estudos anatômicos em pesquisas farmacognósticas apresentam papel relevante no diagnóstico taxonômico e no controle de qualidade da matéria-prima vegetal. DUARTE e BARDAL (2002) concluíram que aproximadamente 3,3% das amostras comercializadas tinham erros de identidade, pois diferentes espécies são popularmente conhecidas pelo mesmo nome.

Alguns estudos anatômicos com espécies do gênero *Cymbopogon*, visando fornecer subsídios para análises farmacognósticas foram realizados por LEWINSOHN et al. (1998) e MARTINS et al. (2004). AMARAL et al. (2003) analisando diversas amostras vegetais comercializadas, dentre elas *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, verificaram que tais amostras, além de conter elementos estranhos acima do limite permitido na literatura especializada, continham também outros órgãos da própria planta ou de uma outra espécie vegetal qualquer.

Nas monografias apresentadas pela Farmacopéia Brasileira percebe-se a importância da Morfologia Externa e da Anatomia Vegetal para a identificação de grande parte de matérias-prima vegetais. OLIVEIRA et al. (1991) ressaltam que, geralmente as

matérias-primas vegetais são comercializadas por raizeiros ou ervanários sob a forma de pó, assim, macroscopicamente poucas avaliações podem ser realizadas. A análise microscópica de amostras pulverizadas permite identificar características histológicas que auxiliam na diagnose da matéria-prima vegetal, estabelecendo meios para o controle de qualidade das mesmas (ALICE et al., 1995; COSTA, 2001).

Esta pesquisa teve por objetivo, apresentar caracteres anatômicos e úteis para a determinação de parâmetros de qualidade da matéria-prima vegetal, bem como fornecer dados anatômicos inéditos que contribuam à Sistemática destas espécies dentro do gênero, da família e comparação entre as duas espécies estudadas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material Botânico

Para o estudo morfo-anatômico foram utilizados exemplares cultivados de *C. densiflorus* (Steud.) Stapf, coletados em duas localidades diferentes no município de Jataí-GO - localidade 1 (17°52'14,0"S 051°43'14,9" W) e localidade 2 (17°52'07,3" S e 51°43'18,8" W) e *C. nardus* (L.) Rendle, coletados na Reserva Ecológica do IBGE-RECOR, Brasília-DF – localidade 1 (15°56'41" S e 47°56'07" W) e no Horto de Plantas Medicinais da Faculdade de Farmácia/UFG, Goiânia-GO – localidade 2 (16°48'33,3"S 49°14'39,5" W).

O material botânico foi identificado pelo Professor Dr. Tarciso S. Filgueiras, especialista em Poaceae e pesquisador da Reserva Ecológica do IBGE-RECOR, Brasília-DF. As exsiccatas das espécies encontram-se depositadas no Herbário UFG, Universidade Federal de Goiás, sob os números UFG-30.334 (*C. densiflorus*, localidade 1), UFG-30.335 (*C. densiflorus*, localidade 2), UFG-30.333 (*C. nardus*, localidade 1) e UFG-30.336 (*C. nardus*, localidade 2).

### 2.2 Caracterização Morfológica

A caracterização macroscópica das folhas foi realizada à vista desarmada, seguindo os parâmetros de CHASE e SENDULSKY (1991), OLIVEIRA et al. (1991) e OLIVEIRA e AKISUE (1993).

As espécies foram desenhadas por Haroldo de Araújo e as escalas que acompanham as ilustrações foram obtidas a partir do tamanho original.

### 2.3 Caracterização Anatômica

#### 2.3.1 Microscopia óptica

Para a análise anatômica, ambas as espécies encontravam-se em fase reprodutiva e foram utilizadas a quarta e quinta folhas completamente expandidas, a partir da folha-cartucho. Destas folhas, foram retirados fragmentos da região mediana da lâmina e bainha.

Da lâmina foliar foram retiradas amostras da nervura central, entrenervuras e bordo. Nos colmos foram retirados, o terceiro e quarto entrenós. As folhas e os colmos foram preservados em álcool 70%.

A confecção das lâminas histológicas foi realizada a partir de secções paradérmicas e transversais das lâminas e bainhas foliares e colmo, obtidas à mão livre. As secções foram clarificadas em hipoclorito de sódio 12%, lavadas em água destilada, e a seguir submetidas à dupla coloração com azul de astra 0,3% e fucsina básica 0,1%. Posteriormente, desidratadas em série alcoólica crescente (30%, 50%, 70%, 90% e 100%) e pós-desidratadas em xilol e álcool (1:1) e xilol puro (JOHANSEN, 1940). As secções foram montadas entre lâminas e lamínulas utilizando-se resina Verniz Vitral incolor 500®, da marca Acrilex (PAIVA et al., 2006).

A dissociação da epiderme foi realizada segundo GHOUSE e YUNUS (1972), consistindo na fervura de fragmentos de amostras da lâmina e bainha foliar em solução de ácido nítrico a 50%, e em seguida, os fragmentos foram neutralizados com hidróxido de sódio a 1%. Posteriormente, foram lavados em água destilada e submetidos à coloração com azul de metileno 1% (JOHANSEN, 1940) com borato de sódio 1%, para a identificação das células silicificadas.

Para os testes microquímicos, as secções foram submetidas ao reagente de Steinmetz (COSTA, 1970), para identificação de amido, celulose, lignina, suberina, lipídeos diversos, compostos fenólicos, cutina e látex; ao floroglucinol acidificado para identificação de lignina (JOHANSEN 1940; KNEEBONE, 1962) e ao reagente sudan IV para evidenciar compostos lipídicos (GERLACH, 1984).

O cálculo da densidade estomática que é o número de estômatos por mm<sup>2</sup> de superfície foliar (BORGHEZAN et al., 2003), foi realizado utilizando-se 5 folhas completamente expandidas e escolhidas ao acaso, nos mesmos exemplares. Dessas, foi retirado um fragmento dos terços basal, mediano e apical da lâmina foliar (superfícies adaxial e abaxial).

A confecção das lâminas, para o cálculo da densidade estomática, foi realizada a partir da técnica de impressão da superfície foliar em lâmina de microscópio, contendo uma gota de cola de secagem rápida à base de éster de cianoacrilato (comercialmente conhecida como ‘Super-Bonder’), de acordo com a metodologia descrita por SEGATTO et al. (2004).

A contagem dos estômatos foi feita em fotomicroscópio ZEISS Axioskop equipado com câmara clara. Para cada fragmento, foram contados os estômatos em 3 campos aleatórios, totalizando 90 campos para cada uma das amostras. Segundo a metodologia de LABOURIAU et al. (1961), com auxílio de lâmina graduada em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ), foi desenhado um campo de  $230 \mu\text{m} \times 230 \mu\text{m}$ , utilizando-se objetiva de 40x e ocular de 10x. Após a contagem, foram calculados a média do número de estômatos por  $\text{mm}^2$ , desvio-padrão e coeficiente de variação. As médias do número total de estômatos por  $\text{mm}^2$  foram analisadas pelo teste t de Student, verificando se as amostras apresentavam médias significativamente diferentes. Utilizou-se o programa Prism 4.0 para essas análises e foi adotado nível de significância de 5%.

As fotomicrografias foram realizadas em fotomicroscópio ZEISS Axioskop, utilizando-se filme Kodacolor ASA 100. Os desenhos foram feitos utilizando-se fotomicroscópio ZEISS Axioskop equipado com câmara clara. As escalas que acompanham as ilustrações foram obtidas nas mesmas condições ópticas.

### 2.3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura

Fragmentos da porção mediana das folhas de *Cymbopogon densiflorus* e *C. nardus* foram fixados em solução de Karnovsky modificada, composta por glutaraldeído 2%, paraformaldeído 2% em tampão cacodilato de sódio pH 7,2 0,05 M por 24 horas. Após esse tempo, os fragmentos foram submetidos a três lavagens em tampão cacodilato 0,05 M, com duração de 10 minutos cada, deixando-os em tampão, acondicionados em eppendorf devidamente identificado. Foram armazenados em refrigerador, fazendo trocas temporárias quando o tampão se apresentasse escuro.

Após, os fragmentos foram submetidos a tampão cacodilato de sódio pH 7,2 0,05 M e tetróxido de ósmio (1:1) por 1 hora, a seguir lavados em água destilada de 2 a 3 vezes e posteriormente, foram desidratados em série etanólica crescente (30%, 50%, 70% e 90%) com duração de 15 minutos cada e 3 vezes em etanol 100%, 10 minutos cada (BOZZOLA e RUSSEL, 1992). Em seguida, os fragmentos foram levados à secagem ao ponto crítico de  $\text{CO}_2$ , utilizando-se o Aparelho de Secagem ao Ponto Crítico da Balzers CPD30, no Laboratório de Microscopia Eletrônica, da Universidade de Brasília (UnB). Posteriormente, foram fixados utilizando fita adesiva com dupla face em pequenos 'stubs' e metalizados em ouro, com camada de cobertura de aproximadamente 40 nm por 2

minutos, em Aparelho Metalizador Zeiss DSM-962 no laboratório de Microscopia Eletrônica da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia / CENARGEN, em Brasília-DF.

A análise foi realizada em Microscópio de Varredura JEOL-JSM 840A, no laboratório de Microscopia Eletrônica da UnB. As eletromicrografias foram obtidas em filme FUJI NEOPAN Asa 100. As escalas e feixes de elétrons encontram-se registradas nas fotos.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

##### 3.1.1 *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf

Os colmos dos espécimes de *C. densiflorus* medem 2 a 2,5 m de altura e apresentam-se eretos, glabros e lisos, sendo pêndulos no ápice devido às densas inflorescências (Fig. 1a). As lâminas foliares são inteiras, linear-lanceoladas, com coloração verde-escura. Medem de 40 a 60 cm de comprimento por aproximadamente 3,8 cm de largura. Apresentam-se glabras e lisas em ambas as superfícies e um pouco áspera nas margens. As folhas são paralelinérveas e invaginantes. Ápice lanceolado que se estreita abruptamente e a base larga, levemente arredondada em contato com a bainha. Bainha foliar glabra e lisa, medindo aproximadamente 13 cm, com coloração verde-clara e grande quantidade de cêra de cor branca. Lígula membranosa, de tamanho reduzido (Fig. 1b e 1c) e de coloração marrom-esverdeada. Folhas aromáticas, apresentando cheiro característico de limão.

##### 3.1.2 *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle

Os colmos dos espécimes de *C. nardus* medem aproximadamente 1 m de altura e apresentam-se eretos, glabros e lisos, sendo levemente pêndulos no ápice devido às inflorescências (Fig. 2a). As lâminas foliares são inteiras, linear-lanceoladas, com coloração verde-clara. Medem 120 a 150 cm de comprimento por 3 cm de largura. Apresentam-se lisas na superfície adaxial e levemente áspera na superfície abaxial e ao longo das margens. As folhas são paralelinérveas e invaginantes. Ápice lanceolado que se estreita aos poucos e a base é estreita com nervura principal muito proeminente. Bainha foliar glabra e lisa, medindo aproximadamente 38 cm, com coloração verde-clara a ligeiramente rosada. Lígula membranosa-ciliada (Fig. 2b e 2c), saliente e de coloração marrom. Folhas aromáticas, apresentando cheiro característico de eucalipto.

## 3.2 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA

### 3.2.1 *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf

#### 3.2.1.1 Lâmina Foliar

Em vista frontal, verificam-se células epidérmicas longas com paredes anticliniais levemente sinuosas (Fig. 6-8), intercaladas por uma a duas células curtas com paredes delgadas ou espessamento de suberina nas paredes, caracterizando as células suberosas. Ambas as faces apresentam nas regiões costais, células silicificadas cruciformes, nodulares e halteriformes, sendo as últimas predominantes (Fig. 6, 8 e 11-face adaxial e Fig. 14-face abaxial).

Os estômatos encontram-se presentes em ambas as faces e se localizam no mesmo nível das células epidérmicas comuns. Em vista frontal, as células-guarda são halteriformes e as células subsidiárias são tipo cúpula (Fig. 7, 9 e 12-face adaxial e Fig. 13-face abaxial). Conforme Tabela 2, pode-se observar que a epiderme abaxial apresentou maior densidade estomática, caracterizando folha anfihipostomática.

Em secção transversal observa-se que a epiderme adaxial é unisseriada com cutícula delgada (Fig. 3-5). Nas regiões intercostais foram observadas células buliformes volumosas com paredes anticliniais delgadas e retas (Fig. 3-5). Essas células mostram dimensões variadas, fazendo com que a superfície da lâmina foliar seja um pouco ondulada. Nas regiões próximas à nervura central, abaixo das células buliformes, ocorre uma camada de células parenquimáticas incolores de formato circular. O número dessas células diminui gradativamente à medida que se afasta da nervura central, apresentando apenas uma a duas células isoladas (Fig. 3 e 4).

Em secção transversal, a epiderme abaxial é unisseriada com cutícula delgada e as células epidérmicas comuns são papilosas (Fig. 3 e 4).

Macrotricomas em forma de gancho (Fig. 9 e 10) e microtricomas ocorrem tanto na face adaxial como na abaxial.

O parênquima clorofiliano é homogêneo e junto aos feixes vasculares se dispõe radialmente aos mesmos, caracterizando a estrutura Kranz (Fig. 3 e 4).

Na região da nervura central, em feixes de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordens, essas células parenquimáticas radiadas são interrompidas por fibras esclerenquimáticas que se estendem



até a face abaxial (Fig. 15-17). Nos feixes de 2ª ordem localizados na região compreendida entre a nervura central e o bordo, as fibras se estendem em direção às duas faces da lâmina foliar (Fig. 3 e 4).

A região de nervura central é constituída por três feixes de 1ª ordem, sendo o central maior e entre os mesmos, ocorrem feixes de 2ª e 3ª ordens. Essa região apresenta face adaxial côncava e quilha pouco proeminente na face abaxial (Fig. 15). Os feixes de 1ª ordem apresentam forma circular e a extensão de bainha esclerenquimática possui algumas fibras gelatinosas. Essas fibras se caracterizam por apresentar a parte interna da parede celular não-lignificada, mostrando coloração azul quando submetidas à dupla coloração com fucsina básica e azul de astra (Fig. 16) e também não apresentou coloração vermelha quando tratada com floroglucinol acidificado (Fig. 17). Adjacente à epiderme adaxial ocorrem três grupos de cordões esclerenquimáticos intercalados por células buliformes, os quais se localizam em direção oposta aos feixes de 1ª ordem (Fig. 15). Na região compreendida entre os cordões esclerenquimáticos e os feixes vasculares ocorrem células parenquimáticas isodiamétricas de tamanhos variados, com paredes delgadas e destituídas de cloroplastos (Fig. 15).

Os feixes vasculares são colaterais e o floema é circundado por células parenquimáticas pequenas com paredes lignificadas. Nos feixes de 1ª ordem, o xilema possui lacuna do protoxilema e apresenta um elemento de metaxilema circular em cada lado do protoxilema (Fig. 15-17). Esses feixes vasculares são envoltos por bainha dupla, sendo a bainha externa parenquimática e a interna esclerenquimática (Fig. 16 e 17).

Os feixes de 2ª e 3ª ordens são completamente envoltos por bainha parenquimática única, formada por células relativamente grandes contendo cloroplastos. Essa bainha é circundada pelo parênquima clorofiliano radiado. A distância intervenal é determinada por uma a três células parenquimáticas (Fig. 4) com paredes providas de pequenas invaginações.

A região do bordo é constituída por fibras esclerenquimáticas. As células epidérmicas possuem paredes periclinais externas lignificadas, ocorrendo também células silicificadas (Fig. 18), retangulares e lume reduzido. Quanto ao formato, o bordo é classificado em estreito projetado.

### 3.2.1.2 Bainha Foliar

Em corte transversal, a bainha foliar apresenta-se convoluta (Fig. 19). A superfície adaxial é lisa, enquanto que a abaxial é levemente ondulada. A epiderme adaxial e abaxial é unisseriada, recoberta por cutícula delgada. As células da epiderme adaxial são alongadas periclinalmente e maiores do que as da abaxial. Em vista frontal, as células epidérmicas apresentam paredes anticlinais levemente sinuosas. Os estômatos ocorrem no mesmo nível que as células epidérmicas comuns em ambas as faces, sendo raros na epiderme adaxial e abundantes na abaxial. Na epiderme abaxial, observam-se macrotricomos (Fig. 20). Células suberosas e células silicificadas em forma de cruz e sela presentes na região costal (Fig. 21).

O mesofilo é heterogêneo, constituído por cerca de dez camadas de células parenquimáticas isodiamétricas de tamanhos variados, com paredes delgadas e desprovidas de cloroplastos, junto à face adaxial e parênquima clorofiliano cujas células se dispõem radialmente aos feixes vasculares que estão próximos à face abaxial (Fig. 22 e 23).

Os feixes vasculares são colaterais, sendo de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens (Fig. 22 e 23) e esses feixes estão envoltos por bainha única. Os feixes vasculares de 1<sup>a</sup> ordem apresentam forma elíptica, floema circundado por células parenquimáticas com paredes lignificadas, presença de um elemento de metaxilema em cada lado dos elementos de protoxilema e da lacuna (Fig. 22 e 23). Grupos de células esclerenquimáticas com paredes pouco lignificadas ocorrem em lado oposto aos feixes vasculares de 1<sup>a</sup> ordem, imediatamente abaixo à epiderme adaxial (Fig. 22 e 23). Intercaladas aos feixes vasculares foram observadas células parenquimáticas incolores com paredes delgadas que se encontram isoladas ou em grupos de três a cinco células (Fig. 22 e 23).

### 3.2.1.3 Colmo

Em vista frontal, a epiderme é constituída por células epidérmicas comuns longas com paredes espessas e levemente onduladas, intercaladas por células curtas (Fig. 24). Ocorrem estômatos com células-guarda halteriformes e células subsidiárias em forma de cúpula (Fig. 24).

Em secção transversal, a epiderme é unisseriada, constituída por células predominantemente retangulares (Fig. 26 e 27), com paredes periclinais externas espessadas, recobertas por cutícula delgada. Ocorrem células silicificadas cubóides e

alongadas; os estômatos estão situados no mesmo nível das células epidérmicas comuns, no entanto as células subsidiárias se projetam na superfície do colmo (Fig. 26 e 27). Essas células são alongadas anticlinalmente e apresentam paredes periclinais externas e anticlinais espessadas, enquanto que as periclinais internas são delgadas (Fig. 27). Ocorre uma a duas camadas de células subepidérmicas com paredes esclerificadas e sob os estômatos, essas células possuem paredes celulósicas delgadas (Fig. 27). Logo abaixo, ocorre uma a duas camadas de células parenquimáticas celulósicas (Fig. 26 e 27).

Os feixes vasculares envoltos por células esclerenquimáticas encontram-se dispersos no tecido parenquimático (Fig. 25). Na parte mais externa do colmo, esse tecido é constituído predominantemente, por células de paredes espessadas. Entre essas células, são observadas faixas parenquimáticas cujas células possuem paredes delgadas (Fig. 25). Nessa região, há duas ou três fileiras de feixes vasculares menores em relação àqueles localizados na região mais interna do colmo, que é constituída por células parenquimáticas maiores, com paredes delgadas, delimitando pequenos espaços intercelulares triangulares (Fig. 25). Na parte central ocorre rompimento dessas células, formando uma medula fistulosa. Os feixes vasculares são colaterais de 1ª ordem, o xilema possui lacuna do protoxilema e apresenta um elemento de metaxilema em cada lado do protoxilema (Fig. 28).

### 3.2.1. *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle

#### 3.2.2.1 Lâmina Foliar

Em vista frontal (Fig. 32), na epiderme adaxial, ocorrem células epidérmicas comuns longas com paredes anticlinais levemente sinuosas, intercaladas por uma a duas células curtas, com paredes delgadas ou com espessamento de suberina nas paredes, caracterizando células suberosas. Em ambas as faces, ocorrem células silicificadas cruciformes, nodulares e halteriformes, sendo as últimas predominantes.

Os estômatos encontram-se presentes em ambas as faces e se localizam no mesmo nível das células epidérmicas comuns. Em vista frontal, as células-guarda são halteriformes e as células subsidiárias são tipo cúpula (Fig. 32). Conforme Tabela 3, observa-se que a epiderme abaxial apresentou maior densidade estomática, caracterizando folha anfihipostomática.

Em secção transversal (Fig. 29-31) observa-se que a epiderme adaxial é unisseriada com cutícula delgada. Nas regiões intercostais foram observadas células buliformes volumosas com paredes anticlinais delgadas e retas (Fig. 29-31). Nas regiões de lâmina foliar próximas à nervura central, abaixo das células buliformes, ocorre uma camada de células parenquimáticas incolores de formato circular (Fig. 29 e 30). O número dessas células diminui gradativamente à medida que se afasta da nervura central, apresentando apenas uma a duas células isoladas.

Em secção transversal, a epiderme abaxial apresenta-se unisseriada, com cutícula delgada e as células epidérmicas são papilosas. Cordões de esclerênquima ocorrem nas regiões costais, formando sinuosidades (Fig. 29 e 30).

Macrotricomas em forma de espinho e gancho e microtricomas ocorrem em ambas as superfícies, predominando na superfície abaxial (Fig. 33 e 34).

O parênquima clorofiliano é homogêneo e junto aos feixes vasculares se dispõe radialmente aos mesmos, caracterizando estrutura Kranz (Fig. 29 e 30).

Na região da nervura central, em feixes de 1ª e 2ª ordens, essas células parenquimáticas radiadas são interrompidas por fibras esclerenquimáticas que se estendem até a face abaxial (Fig. 36 e 37). Nos feixes de 2ª ordem localizados na região compreendida entre a nervura central e o bordo, as fibras se estendem em direção às duas faces da lâmina

foliar e as células parenquimáticas radiadas também são interrompidas pelas fibras (Fig. 29 e 30).

Os feixes vasculares são colaterais e o floema é circundado por células parenquimáticas pequenas com parede lignificada. Nos feixes de 1ª ordem, o xilema apresenta lacuna do protoxilema e possui de um a dois elementos de metaxilema circular em cada lado do protoxilema (Fig. 36 e 37). Esses feixes vasculares são envoltos por bainha dupla, sendo a bainha externa parenquimática e a interna esclerenquimática (Fig. 36 e 37).

Os feixes de 2ª e 3ª ordens são completamente envolvidos por bainha parenquimática única, formada por células relativamente grandes contendo cloroplastos volumosos. Essa bainha é circundada pelo parênquima radiado. A distância intervenal é determinada por uma a três células parenquimáticas (Fig. 29 e 30), com paredes apresentando pequenas invaginações.

A região da nervura central é constituída por três feixes de 1ª ordem, sendo o central maior e entre os mesmos, ocorrem feixes de 2ª e 3ª ordens. Essa região apresenta face adaxial plana e quilha proeminente (Fig. 35) na face abaxial. Os feixes de 1ª ordem apresentam forma elíptica, a extensão de bainha esclerenquimática possui algumas fibras gelatinosas. Essas fibras apresentam a parte interna da parede celular não-lignificada, mostrando coloração azul quando submetidas à dupla coloração com fucsina básica e azul de astra (Fig. 36) e também, não apresenta coloração vermelha quando tratada com floroglucinol acidificado (Fig. 37). Próximo à epiderme adaxial, ocorrem três grupos de cordões esclerenquimáticos intercalados por células parenquimáticas isodiamétricas, os quais se localizam em direção oposta aos feixes de 1ª ordem (Fig. 35). Na região compreendida entre os cordões esclerenquimáticos e os feixes vasculares ocorrem células parenquimáticas isodiamétricas de tamanhos variados, com paredes delgadas e destituídas de cloroplastos (Fig. 35).

A região do bordo é constituída por fibras esclerenquimáticas. As células epidérmicas possuem paredes periclinais externas lignificadas, ocorrendo também células silicificadas (Fig. 38) retangulares e lume reduzido. Quanto ao formato, o bordo é classificado em pontado (“cap pointed”).

### 3.2.2.2 Bainha Foliar

Em corte transversal, a bainha foliar apresenta-se involuta (Fig. 39). A superfície adaxial é lisa, enquanto que a abaxial é levemente sinuosa. A epiderme adaxial e abaxial é unisseriada e recoberta por cutícula delgada. As células da epiderme adaxial são alongadas periclinamente e mais estreitas. Em vista frontal, as células epidérmicas apresentam paredes anticlinais levemente sinuosas. Os estômatos ocorrem no mesmo nível que as células epidérmicas comuns em ambas as faces, sendo raros na epiderme adaxial e abundantes na abaxial. Na epiderme abaxial, observam-se macrotricomas e células silicificadas em forma de sela na região costal (Fig. 40).

O mesofilo é homogêneo, constituído por cerca de dez camadas de células parenquimáticas isodiamétricas de tamanhos variados, com paredes delgadas e desprovidas de cloroplastos (Fig. 41). Células parenquimáticas radiadas circundando os feixes vasculares não foram observadas (Fig. 41 e 42).

Os feixes vasculares são colaterais, sendo de 1ª e 3ª ordens e esses feixes estão envoltos por bainha dupla, sendo a externa parenquimática e a interna esclerenquimática. Os feixes de 1ª ordem apresentam forma elíptica, o floema é circundado por células com paredes fortemente lignificadas. Presença de um a dois elementos de metaxilema em cada lado dos elementos de protoxilema e da lacuna (Fig. 41 e 42). Observou-se feixes de 1ª ordem com dois tamanhos, o maior se localiza mais internamente e o menor encontra-se próximo à epiderme abaxial, com extensões de bainha esclerenquimática. Grupos de células esclerenquimáticas com paredes pouco lignificadas ocorrem em lado oposto aos feixes vasculares de 1ª ordem maiores, imediatamente abaixo da epiderme adaxial (Fig. 41 e 42). As células parenquimáticas incolores não foram observadas.

### 3.2.2.3 Colmo

Em vista frontal (Fig. 43 e 44), a epiderme é constituída por células longas com paredes delgadas e retas, intercaladas por células curtas. Observaram-se células silicificadas cubóides e alongadas.

Em secção transversal, a epiderme é unisseriada, constituída por células predominantemente quadradas (Fig. 46 e 47), com paredes periclinais externas espessadas, recobertas por cutícula delgada. Os estômatos apresentam células subsidiárias em forma de

cúpula e células-guarda halteriformes, estão situados no mesmo nível das células epidérmicas (Fig. 43, 44 e 47) e as células subsidiárias não se projetam na superfície do colmo. As células-guarda apresentam paredes periclinais externa e interna espessada, e as células subsidiárias possuem base larga que se estreita a medida que chega a superfície apresentando paredes periclinais externas e interna e anticlinais delgadas (Fig. 47).

Ocorre uma a duas camadas de células subepidérmicas com paredes esclerificadas e são intercaladas por grupos de células parenquimáticas que apresentam paredes celulósicas delgadas (Fig. 46 e 47). Logo abaixo, ocorrem camadas de células parenquimáticas com paredes lignificadas (Fig. 46), formando a região externa do colmo. Nessa região localizam feixes vasculares, com bainha esclerenquimática densa (Fig. 45 e 46).

A região interna do colmo é constituída por células parenquimáticas isodiamétricas, com paredes delgadas limitando pequenos espaços intercelulares triangulares (Fig. 45 e 46). Na parte central, ocorre medula fistulosa.

Os feixes vasculares são colaterais e de 1ª ordem e com lacunas do protoxilema, ocorrendo 1 elemento de metaxilema a cada lado dos elementos de protoxilema (Fig. 48). Esses feixes encontram-se dispersos pelo parênquima, envoltos por densa bainha esclerenquimática (Fig. 45 e 46).

### Chave de identificação baseada em caracteres anatômicos

1. Presença de células buliformes na nervura central da lâmina foliar (Fig. 15) e bordo estreito projetado (Fig. 18); bainha foliar convoluta, em secção transversal (Fig. 19) e presença de células incolores (Fig. 23); presença de células epidérmicas retangulares e células subsidiárias que se projetam na superfície em secção transversal do colmo (Fig. 27) ..... *C. densiflorus*
2. Ausência de células buliformes na nervura central da lâmina foliar (Fig. 35) e bordo pontado (Fig. 38); bainha foliar involuta, em secção transversal (Fig. 39) e ausência de células incolores (Fig. 42); presença de células epidérmicas quadradas e células subsidiárias que não se projetam na superfície em secção transversal do colmo (Fig. 47) ..... *C. nardus*

**Tabela 1.** Caracteres anatômicos diferenciais entre *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle

	<b>Caracteres anatômicos</b>	<i>C. densiflorus</i>	<i>C. nardus</i>
<b>Lâmina Foliar</b>	<i>Superfície abaxial em secção transversal</i>	Levemente ondulada	Sinuosa
	<i>Nervura Central</i>	Em quilha pouco proeminente; presença de células buliformes; face adaxial côncava; feixe vascular central em forma circular	Em quilha proeminente; ausência de células buliformes; face adaxial plana; feixe vascular central em forma elíptica
	<i>Feixes vasculares</i>	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> ordens. 1 <sup>a</sup> ordem: 1 elemento de metaxilema em cada lado do protoxilema	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> ordens. 1 <sup>a</sup> ordem: 1-2 elementos de metaxilema em cada lado do protoxilema
	<i>Bordo Foliar</i>	Estreito projetado	Pontado
<b>Bainha foliar</b>	<i>Forma em secção transversal</i>	Convoluta	Involuta
	<i>Superfície abaxial</i>	Levemente ondulada	Sinuosa
	<i>Células incolores</i>	Presentes, intercaladas aos feixes vasculares	Ausentes
	<i>Mesofilo</i>	Heterogêneo	Homogêneo
	<i>Feixes vasculares</i>	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> ordens. Feixes de 1 <sup>a</sup> ordem com tamanhos iguais e localizam-se próximos à epiderme abaxial	1 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> ordens. Feixes de 1 <sup>a</sup> ordem maiores e menores. Maiores localizam-se internamente, enquanto que os menores estão próximos à epiderme abaxial
<b>Colmo</b>	<i>Células epidérmicas em secção transversal</i>	Predominantemente retangulares	Predominantemente quadradas
	<i>Estômatos</i>	Células subsidiárias se projetam na superfície do colmo	Células subsidiárias não se projetam na superfície do colmo



### 3.3 Densidade Estomática

O cálculo da densidade estomática das folhas de ambas as amostras de *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle encontram-se nas tabelas 2 e 3, respectivamente.

**Tabela 2.** Média do número de estômatos por mm<sup>2</sup> entre as faces da lâmina foliar das amostras 1 e 2 de *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf \*

Espécies	Regiões da lâmina foliar							
	Face adaxial				Face abaxial			
	Apical	Mediana	Basal	Total	Apical	Mediana	Basal	Total
<b><i>C. densiflorus</i> (Steud.) Stapf - Amostra 1</b>	18,99	25,33	13,93	58,26 <sup>a</sup>	208,59	215,33	196,33	620,26 <sup>a</sup>
Desvio-padrão	8,95	7,75	6,93	5,71	8,95	17,34	32,29	9,63
Coefficiente de variação	47,14	30,61	49,79	9,80	4,29	8,05	16,44	1,55
<b><i>C. densiflorus</i> (Steud.) Stapf - Amostra 2</b>	13,93	13,93	22,79	50,66 <sup>a</sup>	198,86	183,66	177,33	559,86 <sup>a</sup>
Desvio-padrão	6,93	10,40	10,59	5,11	6,93	27,24	32,29	11,06
Coefficiente de variação	49,79	74,68	46,48	10,10	3,48	14,83	18,21	1,97

\* *C. densiflorus* (Steud.) Stapf: amostras 1 e 2, coletadas em duas localidades diferentes de Jataí-GO.

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si, até o nível de 5% pelo teste t de Student.

**Tabela 3.** Média do número de estômatos por mm<sup>2</sup> entre as faces da lâmina foliar das amostras 1 e 2 de *C. nardus* (L.) Rendle\*\*

Espécies	Regiões da lâmina foliar							
	Face adaxial				Face abaxial			
	Apical	Mediana	Basal	Total	Apical	Mediana	Basal	Total
<b><i>C. nardus</i> (L.) Rendle - Amostra 1</b>	6,33	11,39	16,46	<b>34,19<sup>a</sup></b>	564,33	643,46	811,93	<b>2020,33<sup>a</sup></b>
Desvio-padrão	4,47	2,83	9,60	5,06	4,47	189,66	100,17	1,26
Coefficiente de variação	70,71	24,84	58,33	14,81	0,79	29,47	12,33	6,24
<b><i>C. nardus</i> (L.) Rendle - Amostra 2</b>	13,93	24,06	41,79	79,79 <sup>a</sup>	759,99	870,19	890,46	2520,66 <sup>a</sup>
Desvio-padrão	6,93	19,72	7,22	6,93	6,93	112,54	158,68	70,20
Coefficiente de variação	49,79	81,96	17,27	0,91	0,91	12,93	17,82	2,78

\*\* *C. nardus* (L.) Rendle: amostra 1 – coletada na Reserva Ecológica do IBGE, RECOR, Brasília-DF; amostra 2 – coletada no Horto de Plantas Medicinais, Faculdade de Farmácia/UFG, Goiânia-GO.

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si, até o nível de 5% pelo teste t de Student.

#### 4 DISCUSSÃO

*Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle apresentaram caracteres anatômicos semelhantes e também, distintos entre si, nas lâminas e bainhas foliares e colmos.

Na lâmina foliar, ambas as espécies apresentam epiderme adaxial e abaxial com cutícula delgada; células epidérmicas longas e curtas: células suberosas e células silicificadas; macrotricomas em forma de ganchos ou espinhos e microtricomas e estômatos com células subsidiárias em forma de cúpula.

As espécies apresentam estômatos com células-guarda halteriformes e conforme METCALFE (1960), as células subsidiárias são do tipo cúpula. FERRO et al. (1996) e DUARTE e ZANETTI (2004) também verificaram estômatos com células-guarda halteriformes em *C. citratus* (DC.) Stapf. Entretanto, FERRO et al. (1996), DUARTE e ZANETTI (2004) e MARTINS et al. (2004) em estudos realizados com *C. citratus*, não determinaram o tipo dos estômatos.

De acordo com as tabelas 2 e 3, o número de estômatos por mm<sup>2</sup> em ambas as faces das folhas de *C. densiflorus* e *C. nardus* não apresentaram diferenças significantes entre as amostras das mesmas espécies. No entanto, a face abaxial destas espécies apresentam maior número de estômatos por mm<sup>2</sup>. DUARTE e ZANETTI (2004) ressaltam o maior número de estômatos na face abaxial em *C. citratus*.

As células buliformes em *C. densiflorus* e em *C. nardus* apresentam-se arredondadas. De acordo com METCALFE (1960), as células buliformes, quando examinadas em cortes transversais são grupos de células incolores que formam parte da epiderme, mas diferem de suas vizinhas por serem mais largas e infladas. Atribuem a essas células, uma função motora em que pela expansão e retração, devido à mudança de turgor, as mesmas controlam o enrolamento das folhas.

Na região da nervura central de *C. densiflorus*, a epiderme adaxial apresenta células buliformes, sendo que essa característica não foi registrada em *C. nardus*. MONTEIRO e PACE (1984) também verificaram a presença dessas células na epiderme adaxial na região da nervura central em *Axonopus compressus* (SW.) Beav.

As células silicificadas encontradas em *C. densiflorus* e *C. nardus* foram analisadas de acordo com a classificação de METCALFE (1960) e ELLIS (1976-1979), assim em vista frontal, foram registrados os tipos cruciformes, nodulares e halteriformes, sendo os últimos

predominantes. De acordo com BRANDENBURG et al. (1985), EPSTEIN (1994), KRISHNAN et al. (2000) e PRYCHID et al. (2004), devido às diferentes formas que apresentam, as células silicificadas possuem valor taxonômico na identificação de capins, especialmente ao nível de subfamília e tribo. CAVALCANTE (1968) analisou as células silicificadas das folhas de diversas gramíneas amazônicas pertencentes à subfamília Panicoideae e verificou que as células silicificadas halteriformes são as mais freqüentes. METCALFE (1960) destaca as células silicificadas halteriformes e cruciformes como predominantes na subfamília Panicoideae.

MOTOMURA et al. (2002) ressaltam que os capins absorvem do solo, a sílica na forma de ácido silícico, durante a absorção de água, e a maior parte da sílica é acumulada na parte aérea como sílica amorfa hidratada. Segundo MOTOMURA et al. (2004), a deposição de sílica é uma das mais importantes características das plantas da família Poaceae. Muitos pesquisadores têm examinado a distribuição, deposição e funções da sílica nesta família, em que diversos mecanismos têm sido propostos para explicar o acúmulo de sílica nas Poaceae. KAUFMAN et al. (1971) e EPSTEIN (1994), reportam que o acúmulo de sílica (I) resulta da transpiração da superfície de partes aéreas, (II) atua no controle das plantas para aumentar a estabilidade de seus tecidos, (III) confere proteção contra microrganismos e herbívoros e (IV) protege epiderme contra perda excessiva de água. De acordo com MCNAUGHTON e TARRANTS (1983), a deposição de sílica nas folhas de capins foi um processo evolutivo importante na defesa dessas plantas em relação aos herbívoros.

O mesofilo em *C. densiflorus* e *C. nardus* é homogêneo e junto aos feixes vasculares se dispõem radialmente aos mesmos. Considerando a disposição ao redor dos feixes, o parênquima radiado é tabular conforme ELLIS (1976-1979) e segundo FREIER (1959), as células desse parênquima são raquimorfas, pois apresentam formato que se assemelham aos ossos da coluna vertebral. Segundo FREIER, esse tipo celular é característico de gramíneas pertencentes à subfamília Panicoideae. CAROLIN et al. (1973) ressaltam que mesofilo arranjado radialmente aos feixes vasculares, é uma característica de gramíneas da subfamília Panicoideae. O mesofilo homogêneo constituído por clorênquima apresentando células pequenas e isodiamétricas foi registrado na lâmina foliar de *C. citratus* (FERRO et al., 1996, DUARTE e ZANETTI, 2004 e MARTINS et al., 2004).

Nas espécies em estudo, a distância intervenal é determinada por uma a três células parenquimáticas com paredes providas de curtas invaginações. Essas células são denominadas por ELLIS (1976-1979) de células braciiformes.

Em ambas as espécies, os feixes de 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens apresentam bainha parenquimática contendo cloroplastos. De acordo com JOHNSON e BROWN (1973), essa é uma das características de plantas com metabolismo C<sub>4</sub>, dentre outras características citológicas, anatômicas e fisiológicas.

*C. densiflorus* possui feixes de 1<sup>a</sup> ordem em forma circular e *C. nardus* apresentam feixes de 1<sup>a</sup> ordem em forma elíptica, conforme classificação proposta por METCALFE (1960) e ELLIS (1976-1979).

De acordo com METCALFE (1960), SHAW e SMEINS (1981) e ALVAREZ et al. (2005), presença de microtricomias bicelulares com diversas formas; células silicificadas halteriformes, nodulares e cruciformes dispostas em longas fileiras; estômatos com células subsidiárias em forma de cúpula e triangular; células curtas isoladas ou em pares nas regiões intercostais, nervura central com muitos feixes vasculares de variados tamanhos; bainha de feixe vascular dupla: presença de bainha interna esclerenquimática e bainha externa parenquimática e parênquima radiado em torno dos feixes vasculares, são características típicas das Poaceae pertencentes à subfamília Panicoideae.

Segundo a classificação proposta por METCALFE (1969) e ELLIS (1976-1979), *C. densiflorus* possui bordo estreito com ponta projetada e *C. nardus* apresenta bordo pontada.

A epiderme da bainha foliar de *C. densiflorus* e *C. nardus* apresentam células epidérmicas longas e curtas: células suberosas e silicificadas e estômatos com células-guarda halteriformes e células subsidiárias em cúpula. Estômatos raros na epiderme adaxial e em maior número na epiderme abaxial. VIEIRA e MANTOVANI (1995) verificaram que na bainha foliar de *Deschampsia antarctica* Desv., os estômatos ocorrem predominantemente na epiderme abaxial.

*C. densiflorus* e *C. nardus* apresentam células silicificadas em forma de sela (ELLIS, 1976-1979).

Em secção transversal, a bainha foliar não apresentou quilha. BRITO e RODELLA (2002) verificaram que as bainhas de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick, também não apresentaram quilha. No mesofilo, *C. densiflorus* apresenta células de parênquima clorofiliano rodeando os feixes vasculares, enquanto que *C. nardus* não as possuem. Em *C. densiflorus*, observou-se uma a cinco células incolores com paredes delgadas, intercaladas aos feixes vasculares, essas células não foram observadas em *C. nardus*. METCALFE (1960) e ELLIS (1976-1979) denominam-as de células incolores e citam a ocorrência destas no mesofilo das folhas de capins, em que sua presença e

freqüência variam de acordo com a espécie em questão, porém nada citam sobre a ocorrência de tais células no mesofilo da bainha.

FERRO *et al.* (1996), DUARTE e ZANETTI (2004) e MARTINS *et al.* (2004) em estudos realizados com *C. citratus*, não forneceram dados anatômicos sobre a bainha foliar.

METCALFE (1960) ressalta os caracteres microscópicos da lâmina foliar como os mais importantes em estudos taxonômicos, pois apresenta mais estruturas especializadas que a bainha, que se torna madura posteriormente.

Os colmos de *C. densiflorus* e *C. nardus* apresentam variações anatômicas. Em vista frontal, a epiderme do colmo de *C. densiflorus* apresenta células silicificadas cubóides e alongadas, enquanto que *C. nardus* possui células silicificadas cubóides e alongadas, segundo ELLIS (1976-1979).

Em ambas as espécies, os estômatos são do tipo cúpula, quanto à forma das células subsidiárias (METCALFE, 1960).

Em corte transversal, pode ser observado que ambas as espécies apresentam epiderme unisseriada, com cutícula delgada e presença de estômatos. *C. densiflorus* apresenta células epidérmicas com paredes periclinais externas espessadas, estômatos em maior tamanho que *C. nardus*. Ambas as espécies apresentam células subsidiárias com formato arredondado, no entanto, em *C. densiflorus* estas células se projetam para a superfície, o que não ocorre em *C. nardus*. ESAU (1976) relata a presença de estômatos na epiderme dos colmos, em gramíneas.

*C. densiflorus* e *C. nardus* apresentam camadas subepidérmicas com células parenquimáticas esclerificadas. METCALFE (1960) cita que em colmos de gramíneas, o parênquima periférico geralmente apresenta paredes espessadas ou então, pode ser substituído por esclerênquima periférico.

Os feixes vasculares em *C. densiflorus* e *C. nardus* são todos de 1ª ordem, com um elemento de metaxilema grande em cada lado dos elementos de protoxilema e com lacuna de protoxilema. Segundo METCALFE (1960), esses feixes apresentam formato denominado como básico, constituindo o tipo mais comum em espécies de Gramineae.

A distribuição dos feixes vasculares no colmo de *C. densiflorus* está de acordo com o padrão apresentado por METCALFE (1960) e ESAU (1976) em que os feixes vasculares estão amplamente dispersos, sendo o estelo classificado em atactostelo. ZIMMERMANN e TOMLINSON (1972) esclarecem que, os colmos de monocotiledôneas usualmente possuem feixes vasculares individuais dispersos por todo o parênquima; entretanto o termo

“atactostelo” é incorreto, uma vez que esses pesquisadores observaram que a distribuição dos feixes vasculares em colmos de monocotiledôneas resulta de um processo de desenvolvimento ordenado e o termo mais indicado seria “um estelo sem ordem”.

## 5 CONCLUSÃO

*Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf e *C. nardus* (L.) Rendle apresentaram características anatômicas comuns, entretanto alguns caracteres são diferenciais como formato da nervura central, presença ou ausência de células incolores, na bainha foliar, formato das células epidérmicas e células subsidiárias no colmo, dentre outros, o que permite distinguir as duas espécies, contribuindo para a taxonomia do gênero. Esses caracteres podem assim, fornecer parâmetros a diagnose da matéria-prima vegetal, em pesquisas farmacognósticas e no controle da qualidade de fitoterápicos.

As características anatômicas observadas como disposição radiada do parênquima clorofiliano, presença de bainha de feixe parenquimática contendo cloroplastos volumosos e pequena distância intervenal permitem concluir que as espécies estudadas apresentam caracteres de plantas com metabolismo C<sub>4</sub>.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS(\*)

ALICE, C.B.; SIQUEIRA, N.C.S.; MENTZ, L.A.; SILVA, G.A.A.B. JOSÉ, K.F.D.J. **Plantas medicinais de uso popular: atlas farmacognóstico**. Canoas: Ed. ULBRA. 1995.

ALVAREZ, J.M.; ROCHA, J.F.; MACHADO, S.R. Estrutura foliar de *Loudetiopsis chrysobrix* (Nees) Conert e *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae). **Revista Brasileira de Botânica**. 28(1): 23-37. 2005.

AMARAL, F.M.F.; COUTINHO, D.F.; RIBEIRO, M.N.S.; OLIVEIRA, M.A. Avaliação da qualidade de drogas vegetais comercializadas em São Luís/Maranhão. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. 13(supl.): 27-30. 2003.

BORGHEZAN, M; MORAES, L.K.A; MOREIRA, F.M.; SILVA, A.L. Propagação *in vitro* e avaliação de parâmetros morfofisiológicos de porta-enxertos de videira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 7: 783-789. 2003.

BOZZOLA, J.J.; RUSSEL, L.D. **Electron Microscopy: principles and techniques for biologists**. Boston: Jones and Bartlett Publishers. 1992.

BRANDENBURG, D.M.; RUSSELL, S.D.; ESTES, J.R.; CHISSOE, W.F. Backscattered electron imaging as a technique for visualizing silica bodies in grasses. **Scanning Electron Microscopy**. 4: 1509-1517. 1985.

CAMPOS, A. C.; LABOURIAU, L.G. Corpos silicosos de gramíneas dos cerrados-II. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 4: 143-151. 1969.

CAROLIN, R.C.; JACOBS, S.W.L.; VESK, M. The structure of the cells of mesophyll and parenchymatous bundle sheath of the Gramineae. **Botanical Journal of Linnean Society**. 66: 259-275. 1973.

---

(\*) Referências Bibliográficas conforme ABNT/NBR-6023: 2002.



CAVALCANTE, P.B. Contribuição ao estudo dos corpos silicosos das gramíneas amazônicas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. 30: 1-39. 1968.

CHASE, A.; SENDULSKY, T. **Primeiro livro de gramíneas: noções sobre a estrutura com exemplos da flora brasileira**. São Paulo: Instituto de Botânica. 1991.

COSTA, A.F. **Farmacognosia**. 3 v. 3ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1970.

DICKINSON, W.C. **Integrative Plant Anatomy**. Harcourt Academic Press/Elsevier: 2000.

DUARTE, M.R.; BARDAL, D. Qualidade de amostras vegetais comercializadas em Curitiba-PR. **Visão Acadêmica**. 3(2): 65-68. 2002.

DUARTE, M.R.; ZANETTI, C.C. Estudo farmacobotânico de folhas de capim-limão: *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, Poaceae. **Visão Acadêmica**. 5(2): 117-124. 2004.

ELLIS, R.P. A procedure for standardizing comparative leaf anatomy in the Poaceae. **Bothaelia**. 12(1): 65-109. 1976.

ELLIS, R.P. A procedure for standardizing comparative leaf anatomy in the Poaceae-II. The epidermis as seen in surface view. **Bothaelia**. 12(4): 641-671. 1979.

EPSTEIN, E. Anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**. 91: 11-17. 1994.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. Reimpressão. São Paulo: Edgard Blücher. 1976.

FAHN, A.; CUTLER, D.F. **Xerophytes**. Berlin: Gerbrüder Borntraeger. 1992.

FARMACÓPEIA BRASILEIRA. Parte 1. 4ª ed. São Paulo: Atheneu. 1988.

FERRO, V.C.; OLIVEIRA, I.; JORGE, L.I.F. Diagnose comparativa de três espécies vegetais comercializadas como “ervas cidreiras”: *Lippia alba* (Mill) N.E.Br ex. Britt & Wilson, *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf e *Melissa officinalis* L. **Lecta – USF**. 14(2): 53-63. 1996.

FIGUEIREDO, R.C.L.; HANDRO, W. Corpos silicosos de gramíneas dos cerrados-V. **III Simpósio sobre o Cerrado**. São Paulo: EDUSP – Editora da Universidade de São Paulo. 1971.

FREIER, F. Las células clorenquimáticas del mesófilo de las gramíneas. **Revista Argentina de Agronomía**. 1-2: 1-16. 1959.

GERLACH, D. **Botanische mikrotechnik**. Struttgart, Georg Thieme Verlag. 1984.

GHOUSE, A.K.; YUNUS, M. Preparation of epidermal peels from leaves of Gymnosperm by treatment with hot, 60° GL HNO<sub>3</sub>. **Stain Technology**. 47(6): 322-325. 1972.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York : McGraw-Hill. 1940.

JOLY, A.B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 13ª ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 2002.

JOHNSON, S.C.; BROWN, W.V. Grass leaf ultrastructural variations. **American Journal of Botany**. 60(8): 727-735. 1973.

JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F. **Plant Systematics: a phylogenetic approach**. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associats. 1999.

KAUFMAN, P.B.; BIGELOW, W.C.; SCHMID, R.; GHOSHEH, N.S. Electron microprobe analysis of silica in epidermal cells of equisetum. **American Journal of Botany**. 58: 309-316. 1971.