Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Caracterização anatômica e física – por densitometria de raios X – de colmos de *Dendrocalamus asper* Backer, *Dendrocalamus latiflorus* Munro e *Guadua angustifolia* Kunth

Priscila Garcia Geroto

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

Piracicaba
2014

Priscila Garcia Geroto
Engenheira Florestal

Caracterização anatômica e física – por densitometria de raios X – de colmos de *Dendrocalamus asper* Backer, *Dendrocalamus latiflorus* Munro e *Guadua angustifolia* Kunth

Orientador:
Prof. Dr. **MARIO TOMAZELLO FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

Piracicaba
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Geroto, Priscila Garcia
Caracterização anatômica e física – por densitometria de raios X – de colmos de *Dendrocalamus asper* Backer, *Dendrocalamus latiflorus* Munro e *Guadua angustifólia* Kunth / Priscila Garcia Geroto. - - Piracicaba, 2014.
112 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.
Bibliografia.

1. Bambu 2. Anatomia 3. Densidade aparente I. Título

CDD 633.587
G377c

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedico à minha mãe Teresa

E à minha irmã Caroline,

Por todo apoio e amor essenciais.

AGRADECIMENTOS

À minha grande *família Garcia*, *vô Geraldo* e *vó Luísa*, todos os queridos tios, tias, primos e primas, por todo apoio e amor incomensuráveis de todos os momentos;

À *família Botão*, versão piracicabana da minha família, pelo acolhimento e carinho;

Ao *professor Mario*, pela orientação, profissionalismo, paciência e dedicação no desenvolvimento desse trabalho;

Ao *professor Marco Pereira*, pelo material de estudo, informações, disponibilidade e dedicação para o reconhecimento do potencial do bambu;

Aos *professores Tarciso Filgueiras*, *Gilles Chaix* e *Antônio Ludovico Beraldo*, pelo auxílio, sugestões e comentários;

Ao *Claudio Anholetto*, pelo carinho, disponibilidade e paciência;

À *Angel Boschiero Ferreira*, pela amizade e por me inserir no 'mundo' da pesquisa;

Aos amigos de laboratório e de pós-graduação, pelo auxílio e pelo companheirismo, *Alejandro Venegas*, *Alisson Rangel*, *Jose Luiz Peña*, *Lucas Milani*, *Marco Arizapana*, *Marta Leite*, *Matheus Chagas*, *Mariana Pires*, *Moisés Lobão*, *Paula Surdi*, *Saly Takeshita*, *Samara Franzol*, *Tassio Trevizor*, *Ugo Belini* e *Vinicius Castro*;

À *Maria Bermudez*, *Aparecido Siqueira* e *Jefferson Polizel*, pela ajuda profissional, carinho e preocupação;

Às minhas companheiras de república, *Michelle Bottin*, *Ivanka Rosada*, *Maria Muianga* e *Taila Strabeli*, pela amizade, convivência e aprendizados.

E, por fim, ao meu cachorro *Juca*, companheiro de todos os momentos, alegria e carinho espontâneos nos momentos mais difíceis.

"Bend but don't break
Be flexible yet firmly rooted".

SUMÁRIO

RESUMO.....11
ABSTRACT 13
LISTA DE FIGURAS.....15
LISTA DE TABELAS 17
1 INTRODUÇÃO 19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 21
2.1 Contextualização.....21
2.2 Características anatômicas dos colmos de bambu 21
2.3 Características físicas dos colmos de bambu 22
2.4 Características químicas dos colmos de bambu 23
2.5 Usos dos colmos de bambu 23
2.6 Caracterização das espécies de bambu.....24
2.6.1 *Dendrocalamus asper* 24
2.6.2 *Dendrocalamus latiflorus* 24
2.6.3 *Guadua angustifolia*.....25
3 MATERIAL E MÉTODOS 27
3.1 Caracterização da área experimental e espécies de bambu.....27
3.2 Coleta de amostras de colmos de bambu por método não-destrutivo 28
3.3 Caracterização macro e microscópica dos colmos de bambu.....30
3.3.1 Caracterização macroscópica dos colmos de bambu 30
3.3.2 Caracterização microscópica dos colmos de bambu.....31
3.3.2.1 Caracterização microscópica dos colmos de bambu por microscopia de luz 32
3.3.2.2 Caracterização microscópica dos colmos de bambu pelo MEV 32
3.4 Caracterização física: densidade dos colmos por densitometria de raios X.....33
3.5 Análise estatística dos resultados 34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....35
4.1 Caracterização macro e microscópica dos colmos de bambu.....35
4.1.1 Caracterização macroscópica dos colmos de bambu 35
4.1.2 Caracterização microscópica dos colmos por microscopia de luz e por MEV ..42
4.1.2.1 Dimensões das fibras dos colmos de bambu 47
4.1.3 Caracterização física dos colmos de bambu: densidade aparente 51
5 CONCLUSÕES 63

REFERÊNCIAS 65
ANEXOS. 73

RESUMO

Caracterização anatômica e física – por densitometria de raios X – de colmos de *Dendrocalamus asper* Backer, *Dendrocalamus latiflorus* Munro e *Guadua angustifolia* Kunth

A viabilidade da produção, do manejo e da utilização dos colmos de bambu no Brasil, em relação às árvores de espécies florestais de eucaliptos e pinus, entre outras, foi a principal motivadora do presente trabalho. Com esse objetivo foram caracterizados os colmos de 3 espécies de bambu, consideradas prioritárias pelo INBAR, a saber *Dendrocalamus asper*, *D. latiflorus* e *Guadua angustifolia* da Coleção de Bambus da Área Experimental Agrícola do Departamento de Engenharia Mecânica, Campus da UNESP, Bauru, SP. Amostras dos colmos das 3 espécies, coletadas através de método não destrutivo, foram caracterizadas em relação à estrutura anatômica macro e microscópica. Por meio da técnica de densitometria de raios X , a densidade aparente ao longo da espessura dos colmos foi determinada, e os perfis de densidade radial foram plotados em gráficos. Os resultados das análises laboratoriais evidenciaram que (i) as 3 espécies apresentam uma estrutura anatômica macro e microscópica que permite a sua identificação taxonômica e caracterização tecnológica, em relação aos tecidos de parênquima, feixes vasculares e bainha de fibras; (ii) a variação da estrutura anatômica e da densidade aparente ao longo da espessura dos colmos, relacionadas com a porcentagem e dimensões dos 3 elementos anatômicos, possibilita a sua caracterização em 3 camadas, sendo que as camadas interna e intermediária mostraram maiores diferenças em relação à externa; (iii) o modelo de variação das dimensões das fibras e da densidade aparente indicou um aumento dos dois parâmetros no sentido da camada interna para a externa dos colmos; (iv) não foi observado, para nenhuma das 3 espécies, um padrão de distinção entre a dimensão de fibras de colmos mais jovens e adultos; (v) os tipos dos feixes vasculares dos colmos das 3 espécies de bambu corresponderam aos descritos na literatura e, ainda, (vi) não foram encontradas referências da aplicação da densitometria de raios X na caracterização dos perfis de densidade aparente dos colmos de bambu e sua relação com a sua estrutura anatômica. O presente trabalho discute a aplicação dos seus resultados em relação a (i) influência das variações climáticas do ano de formação na espessura e anatomia dos colmos e (ii) aplicação tecnológica dos colmos pela análise dos perfis de densidade aparente e composição anatômica.

Palavras-chave: Bambu; Anatomia; Densidade aparente

ABSTRACT

Anatomical and physical characterization – by X-ray densitometry – of culms of *Dendrocalamus asper* Backer, *Dendrocalamus latiflorus* Munro and *Guadua angustifolia* Kunth

The feasibility of the production, management and utilization of bamboo culms in Brazil, in relation to forest species like eucalyptus, and pine trees , was the main motivator of the present work. Considering this purpose, culms of 3 bamboo species, considered priorities by INBAR, were characterized; namely *Dendrocalamus asper*, *D. latiflorus Guadua angustifolia,* all from the "Collection of Bamboos" owned by the Agricultural Experimental Area of the Department of Mechanical Engineering, from UNESP, Bauru Campus, SP. Samples from the 3 species stems, acquired through a non-destructive method, were characterized as for macroscopic and microscopic anatomical structure. Through the technique of X-ray densitometry, the apparent density along the stems' thickness was determined, and the radial density profiles were plotted on. The laboratory tests results showed that (i) 3 species have macro and microscopic anatomical structures that allows its taxonomic identification and technological characterization, regarding parenchyma tissues, vascular bundles and fibers sheath; (ii) the variation of the anatomical structure and apparent density across the culm's cross plane, related with percentage and dimensions of the 3 anatomical elements, enables its characterization in three layers, of which the inner and intermediate layers showed major differences relative to the external one; (iii) the variation model of fiber dimensions and apparent density indicated an inner-outer layer oriented increase of these parameters; (iv) Was not observed, for any of the 3 species, a pattern of distinction between the culms fibers size regarding younger, or older individuals; (v) the bamboo vascular bundles types of the 3 species corresponded to those described in the literature and, moreover, (vi) there were no references found on the application of X-ray densitometry in the characterization of bamboo stems apparent density profiles and its relation to its anatomical structure. This study discusses the application of it's results in relation to (i) the growth year climatic variations influence on the thickness and anatomy of culms and (ii) the technological application of the stems by means of the apparent density and anatomical composition analysis.

Keywords: Bamboo; Anatomy; Apparent density

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Seção transversal do colmo de *D. asper*: feixes fibrovasculares e tecido parenquimático. 22
Figura 2 - Balanço hídrico de Bauru, SP (1941-70) (fonte: EMBRAPA, 2009). 28
Figura 3 - Extração da amostra do colmo de bambu - método não destrutivo. 29
Figura 4 - Amostras de colmos de bambu coladas em suporte de madeira com sua secção transversal cortada em equipamento de dupla serra (A,B); amostra seccionada e identificada (C,D) para análises. 30
Figura 5 - MEV com sistema de microanálise (A) e equipamento para recobrimento das amostras de bambu com filme de ouro Bal-Tec (B). 33
Figura 6 - Amostras dos colmos de bambu em suporte plástico (A) e metálico (B) para o escaneamento em equipamento de raios X. 34
Figura 7 - Processamento de imagens da seção transversal de colmo de bambu - digitalização, segmentação, contraste e quantificação dos elementos anatômicos pelo software MultiSpec. 36
Figura 8 - Estrutura anatômica das camadas interna (1), intermediária (2) e externa (3) dos colmos de *Dendrocalamus asper* (A), *Dendrocalamus latiflorus* (B) e *Guadua angustifolia* (C). 37
Figura 9 - Estrutura anatômica das camadas interna (1), intermediária (2) e externa (3) dos colmos de *Dendrocalamus asper* (A), *Dendrocalamus latiflorus* (B) e *Guadua angustifolia* (C). 40
Figura 10 - Variação da porcentagem de feixes de fibras+vascular e parênquima ao longo da espessura do colmo, para as três espécies de bambu. 42
Figura 11 - Estrutura anatômica do colmo de *Dendrocalamus asper* seção transversal macro (A) e microscópica (B) (25x) e detalhe do tecido vascular, feixes de fibras e células do parênquima (C) (40x); plano longitudinal (D) (40x) com células do parênquima e feixes de fibras. 45
Figura 12 - Estrutura anatômica do colmo de *Dendrocalamus latiflorus* - seção transversal macro (A) e microscópica (B) (25x) e detalhe do tecido vascular, feixes de fibras e células do parênquima (C) (40x); plano longitudinal (D) (40x) com células do parênquima e feixes de fibras. ..45

Figura 13 - Estrutura anatômica do colmo de *Guadua angustifolia* - seção transversal macro (A) e microscópica (B) (25x) e detalhe do tecido vascular, feixes de fibras e células do parênquima (C) (40x); plano longitudinal (D) (40x) com células do parênquima e feixes de fibras. 46

Figura 14 - Estrutura anatômica dos colmos de *Dendrocalamus asper* (A), *Dendrocalamus latiflorus* (B) e *Guadua angustifolia* (C) obtida por MEV, em 2 ampliações, indicando a bainha de fibras e o parênquima e o tipo de feixe vascular, de acordo com Grosser e Liese (1971, 2000)..... 47

Figura 15 - Perfil radial da densidade aparente do colmo dos anos de 2002, amostra 3 (A) e 2011, amostra 1 (B), de *Dendrocalamus asper*, subdivididos nas regiões A, B e C..... 56

Figura 16 - Perfis radiais de densidade aparente de colmos dos anos de 2002, amostra 1 (A) e 2008, amostra 1 (B) de *Dendrocalamus latiflorus*, subdivididos nas regiões A, B e C. 57

Figura 17 - Perfis radiais de densidade aparente de colmos dos anos de 2006, amostra 3 (A) e 2011, amostra 2 (B), de *Guadua angustifolia,* subdivididos nas regiões A, B e C..... 58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Intervalo de idade e número de repetições de colmos coletados das três espécies de bambu 28
Tabela 2 - Feixes de fibras, elementos vasculares e parênquima (%) nas camadas dos colmos de *Dendrocalamus asper, D. latiflorus e de Guadua angustifolia* – variação interanual e média 39
Tabela 3 - Média da porcentagem de feixes de fibras e vasculares e tecido parenquimático das três espécies 42
Tabela 4 - Dimensões das fibras: duas idades e três camadas dos colmos de *Dendrocalamus asper*, *D. latiflorus* e *Guadua angustifolia* 50
Tabela 5 - Médias das dimensões das fibras dos colmos de *Dendrocalamus asper*, *D. latiflorus* e *Guadua angustifolia* 51
Tabela 6 - Espessura, densidade aparente e porcentagem dos elementos anatômicos das 3 camadas dos colmos de bambu *Dendrocalamus asper*, *D. latfiflorus* e de *Guadua angustifolia* de diferentes idades.....59
Tabela 7 - Espessura, densidade aparente e porcentagem dos elementos anatômicos das 3 camadas dos colmos de bambu *Dendrocalamus asper*, *D. latfiflorus* e de *Guadua angustifolia* de diferentes idades.....60
Tabela 8 - Espessura, densidade aparente e porcentagem dos elementos anatômicos das 3 camadas dos colmos de bambu *Dendrocalamus asper*, *D. latfiflorus* e de *Guadua angustifolia* de diferentes idades.....61
Tabela 9 - Densidade aparente média dos colmos das espécies de bambu nas diferentes idades 62
Tabela 10 - Análise de regressão múltipla entre a densidade média (variável dependente) e seus componentes densidade máxima (D máx) e mínima (D mín) (variáveis independentes) com base no valor médio por posição radial 62
Tabela 11 - Valores originais e médias/totais de espessura, densidade (med, max e min), porcentagens (fibrosa+vascular e parenquimática) das amostras dos colmos de *D. asper* (continua).....74
Tabela 12 - Valores originais e médias/totais de espessura, densidade (med, max e min), porcentagens (fibrosa+vascular e parenquimática) das amostras dos colmos de *D. latiflorus*.....79

Tabela 13 - Valores originais e médias/totais de espessura, densidade (med, max e min), porcentagens (fibrosa+vascular e parenquimática) das amostras dos colmos de *G. angustifolia*.....81

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui 34 gêneros e 232 espécies de bambus nativos, - com 174 espécies consideradas endêmicas - sendo considerados 16 gêneros do tipo herbáceo e 18 gêneros do tipo lenhoso. No Brasil os mais importantes gêneros são *Merostachys, Chusquea, Olyra, Pariana e Guadua*, constituídos por 53, 17, 8, 8 e 7 espécies, respectivamente. A distribuição das espécies de bambu é relatada nos principais biomas brasileiros, sendo a Mata Atlântica, Amazônia e Cerrado, com 151, 60 e 21 espécies (FILGUEIRAS; GONÇALVEZ, 2004).

O bioma da Mata Atlântica é, com vantagem, o mais rico em diversidade de espécies de bambu, compreendendo 65% do total de espécies ocorrentes no país. Ainda, Judziewiczet al. (1999) ressaltam que o país possui uma das maiores reservas de bambu nativo, na região do sudoeste da Amazônia, ocupando cerca de 180.000 Km^2.

As espécies de bambu são caracterizadas como plantas tropicais e subtropicais, perenes, renováveis e que produzem anualmente novos colmos, sem a necessidade de replantio considerada como integrante das espécies vegetais com grande potencial agrícola e florestal (PEREIRA; BERALDO, 2007).

Apesar das importantes espécies de bambu nativas e introduzidas e das instituições e universidades dedicadas às suas pesquisas em diferentes regiões do Brasil verifica-se, em comparação com alguns países da América Latina, Ásia e África, a necessidade do desenvolvimento de estudos direcionados à multiplicação vegetativa, silvicultura, caracterização tecnológica e aplicação dos colmos e demais componentes dos bambus, dentre outros.

Neste contexto, Tomazello Filho e Azzini (1988) indicaram a importância da avaliação e caracterização da estrutura dos colmos das espécies de bambu visando a aplicação taxonômica, correlação com as propriedades químico-físico e mecânicas e utilização industrial. O enfoque para a importância da avaliação destas propriedades dos colmos das espécies de bambu foi, mais recentemente, apresentado por inúmeros autores no Brasil e no exterior (PEREIRA; BERALDO, 2007). Em período mais recente, instituições de pesquisa, empresas, ONGs, etc. com diferentes objetivos têm procurado contribuir para o conhecimento e utilização dos colmos das diferentes espécies de bambu.

No entanto, somente através de políticas governamentais, da ampliação do número de instituições e de universidades envolvidas com as pesquisas com bambu, pelo desenvolvimento de projetos de pesquisa e aplicação de novas metodologias, pelo estímulo no investimento na cultura, processamento e utilização dos colmos das espécies de bambu, etc., serão obtidos avanços significativos e consolidando-se como importante espécie vegetal, a exemplo da experiência de países de América, Ásia e África.

Com relação às políticas governamentais, destaca-se a Lei 12.484, de 8 de setembro de 2011, que dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo de Bambu, que tem por objetivo o desenvolvimento da cultura do bambu no Brasil por meio de ações governamentais e de empreendimentos privados. Anteriormente, em 2006, com a realização do "Seminário Nacional para a Estruturação da Rede de Pesquisa e Desenvolvimento do Bambu", promovido pelo Ministério de Ciência e Tecnologia e com a coordenação do CNPq foi proposta e aprovada a Rede Brasileira do Bambu. Desde este período, inúmeras e importantes iniciativas foram registradas e que contribuíram para o desenvolvimento, mesmo que parcial, da cultura e utilização do bambu, no Brasil.

A respeito da aplicação de novas metodologias não destrutivas aplicadas usualmente no tronco das árvores são, também, importantes para a caracterização anatômica e física dos colmos de bambu. Da mesma forma, é fundamental a avaliação tecnológica dos colmos de bambu por densitometria de raios X, microtomografia de raios X, dentre outras técnicas da análise disponíveis nos laboratórios do Brasil (TOMAZELLO FILHO et al., 2008).

Pelo exposto, o presente trabalho tem como objetivo geral a caracterização anatômica e física dos colmos de três espécies de bambu, a saber *Dendrocalamus asper*, *D. latiflorus* e *Guadua angustifolia*.

Como objetivos específicos, o trabalho visa a (ii) caracterização da estrutura anatômica macro e microscópica dos colmos e (ii) a aplicação da densitometria de raios X na determinação da variação radial da densidade aparente ao longo da espessura dos colmos das três espécies de bambu.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contextualização

A “International Network for Bamboo and Rattan” foi criada pela ONU em 1997, sendo uma organização intergovernamental dedicada a ampliar os benefícios sociais, econômicos e ambientais desses vegetais. É constituída por governos, empresas privadas e organizações da sociedade civil de mais de 50 países, definindo e implementando uma agenda global para o desenvolvimento sustentável com base nessas matérias primas (INTERNATIONAL NETWORK OF BAMBOO AND RATTAN - INBAR, 2012). Ainda, segundo Tombolato (2012) a adesão do Brasil ao INBAR foi discutida na Conferência Rio + 20, em 2012.

Das 1.300 espécies de bambu, 19 são recomendadas pelo instituto para a introdução e estudo, sendo consideradas prioritárias com base em critérios de utilização, cultivo, processamento e produtos, recursos genéticos e agro-ecologia (INBAR, 1994); da lista foram selecionadas 3 espécies para o presente estudo, sendo *Guadua angustifolia, Dendrocalamus asper* e *D. latiflorus*.

Além do relevante contexto internacional, as pesquisas com espécies de bambu vêm ganhando força e importância no Brasil, pela aprovação da Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo de Bambu (PNMCB) em setembro de 2011 pela Presidente Dilma Rousseff (Lei 12.484 de 2011). Neste contexto, faz-se importante o aprofundamento dos conhecimentos existentes sobre as características gerais das espécies de bambu, principalmente as definidas como prioritárias.

2.2 Características anatômicas dos colmos de bambu

A estrutura anatômica dos colmos das espécies de bambu relaciona-se com as suas propriedades e utilização tecnológica. Uma análise expedita indica que o colmo apresenta uma estrutura anatômica simples, no entanto, existem diferenças marcantes dentro e entre os colmos das espécies e gêneros de bambus. Essas diferenças na estrutura anatômica dos colmos têm aplicação taxonômica e implicações nas suas propriedades e processamento (LIESE, 1998).

A estrutura anatômica do colmo de bambu pode ser caracterizada como constituída de longas fibras de parede de celulose, incorporadas em uma matriz de lignina, sendo que na sua seção transversal observa-se uma variação da distribuição das fibras ao longo da espessura do colmo (GHAVAMI et al., 2003).

Os colmos de bambu apresentam na seção transversal uma estrutura anatômica caracterizada por numerosos feixes fibrovasculares envolvidos por células de parênquima (TOMAZELLO FILHO; AZZINI, 1988), observada na Figura 1, para o colmo de *Dendrocalamus asper*.

Os feixes vasculares dos entrenós dos colmos de bambu são, geralmente, constituídos de elementos de vaso de metaxilema, floema, bainha de fibras de protoxilema e, dependendo da espécie, de feixes de fibras adicionais (LIESE, 1998).

O tecido do colmo dos bambus é composto por células de parênquima, feixes vasculares e feixes de fibras sendo que, de modo geral, tem-se 50% de parênquima, 40% de fibra e 10% de tecidos condutores (PEREIRA; BERALDO, 2007).

Ainda, Tomazello Filho e Azzini (1988) indicaram que a % de tecido de parênquima decresce do interior para o exterior do colmo, os feixes fibrovasculares têm tendência inversa, sendo mais numerosos na camada próxima à casca.

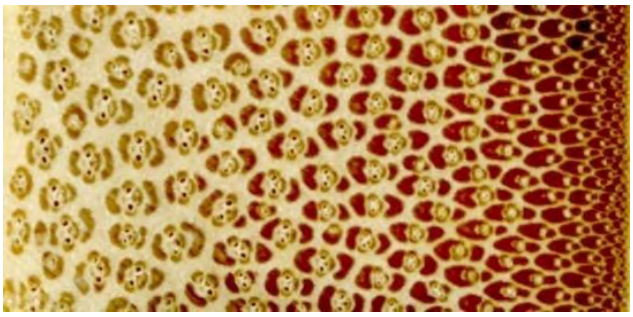


Figura 1 - Seção transversal do colmo de *D. asper*: feixes fibrovasculares e tecido parenquimático

2.3 Características físicas dos colmos de bambu

As características físicas dos colmos de bambu são relacionadas com suas propriedades anatômicas e, desta forma, pela disposição e espessura da parede dos elementos anatômicos (NOGUEIRA, 2008). A distribuição diferenciada dos elementos anatômicos ao longo da parede dos colmos dos bambus resulta em diferença no valor da densidade.

As propriedades mecânicas dos colmos de bambu relacionam-se com a sua idade e densidade, dependendo do teor de fibras, principal elemento anatômico responsável pela sua resistência (PEREIRA; BERALDO, 2007).

2.4 Características químicas dos colmos de bambu

As regiões externas e internas dos colmos de bambu são recobertas por uma camada impermeável; os seus principais constituintes químicos dos colmos são celulose, hemicelulose e lignina; os constituintes químicos secundários são as resinas, taninos, ceras, sais inorgânicos, etc. (BAI, 1996). Segundo Yongyu (1984) *apud* Nogueira, 2008, na composição química dos colmos e demais partes dos bambus encontram-se proteínas (1,5-6%), glucose (2%), amido (2,0-5,2%), gordura e cera (2,2-3,6%). Essa composição química é responsável pela susceptibilidade ao ataque de carunchos e brocas, de acordo com Liese (1992) que, indica, ainda que a composição química varia com a espécie, crescimento, idade e posição do colmo na touceira, etc.

2.5 Usos dos colmos de bambu

Martins e Guerreiro (2006), através do Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, indicaram as aplicações do bambu relacionadas com a (i) agricultura, utilizado na irrigação e sustentação do solo em áreas com risco de erosão; (ii) produção de álcool, biomassa, carvão, polpa de celulose, etc.; (iii) na culinária, com o broto de bambu rico em nutrientes; (iv) na confecção de painéis compensados, etc.; (v) na construção civil, apesar do preconceito os colmos apresentam excelentes propriedades desconhecidas pelos técnicos, restringindo sua divulgação e aplicação como material construtivo; (vi) confecção de móveis, papel, artefatos de decoração e de cozinha, uso paisagístico, instrumentos musicais, embalagens, etc. Apesar do elevado potencial do uso das espécies de bambu no Brasil são poucas as pesquisas direcionadas para a sua aplicação tecnológica (BRITO et al., 1987; PEREIRA; BERALDO, 2007).

2.6 Caracterização das espécies de bambu

As três espécies de bambu foram descritas por inúmeros autores na literatura especializada, sendo mencionados Schumann e Lauterbach (1901) e Wong (1995) para o gênero *Dendrocalamus* e McClure (1966, 1973) para o gênero *Bambusa*.

2.6.1 *Dendrocalamus asper*

Em termos taxonômicos, tem sido descrito como os bambus que apresentam *bainha* arroxeada a verde-escura, coberta com filamentos castanho-escuros; *limbo* lanceolado, comprimento de 20-45 cm, largura de 3-9 cm, pecíolo de 5-10 mm; *aurículas* suculentas e onduladas (1,5-5 mm), margem glabra; *lígula* dentada (2-7 mm). Os *colmos* medem até 30 m de altura, diâmetro de 18-30 cm, entrenós de 40-50 cm, verde-escuros, os novos de coloração branco-cerosa. Os *brotos* podem apresentar tricomas castanho-claros, tornando-se glabros; faixa estreita de tricomas castanhos abaixo e acima de cada nó; os nós mais próximos do solo desenvolvem verticilos de raízes. A origem relatada é Burma, sendo cultivada em jardins botânicos e em plantações pela sua dimensão e aplicações.

Segundo Nogueira (2008) as espécies de bambu do gênero *Dendrocalamus* apresentam os maiores colmos, com parede espessa e boas propriedades mecânicas, sendo o *D. asper* considerada como a de maior altura dos colmos e com ótima taxa de crescimento. As características mecânicas do colmo – resistência à compressão, tração e flexão – são superiores às dos colmos de *Bambusa vulgaris* e mediana a superior em relação aos dos colmos das demais espécies de *Dendrocalamus, Guadua e Bambusa* (PEREIRA, 2001apud NUNES, 2005).

2.6.2 *Dendrocalamus latiflorus*

A espécie é descrita pelo rizoma paquimorfo, colmo glabro; bainha solitária e parcialmente pilosa, apresentando na margem superior a lígula ciliada, com limbo linear amplo, margem recurvada; folhas lanceoladas, pecíolo de 5-10 mm de comprimento, limbo de 40-50 cm de comprimento e 8,0-8,5 cm de largura, sendo originária da região sul da China, nas províncias de Fujian, Taiwan, Guangdong, Guangxi, Hainan, Guizhou, Sichuan, Chongqing e Yunnan (XIE et al., 2012). Wong

(1995) indica que a espécie é perene, sempre-verde e com baixa resistência a temperaturas inferiores a 6º C e apresenta alta qualidade dos colmos e brotos para aplicações diversas e caracterizada pelo rápido crescimento sendo comumente plantada nas regiões tropicais e subtropicais do globo.

2.6.3 *Guadua angustifolia*

O termo *Guadua* significa “folha estreita”, sendo uma versão latinizada de denominação dada pelos nativos do Equador e Colômbia para designar essas plantas. Segundo Montoya et al. (2006), *Guadua angustifolia* é considerado o mais importante e endêmico da América Tropical sendo, também, caracterizado como “bambu gigante”, com altura de até 30 m (4-6 meses) e diâmetro do colmo de até 22 cm de acordo com características edáficas e climáticas da região.

Ainda, segundo Montoya e Orozco (2006), caracteriza-se pelo *rizoma* do tipo paquimorfo, espesso, pescoço pouco alongado; *colmos* de altura de 20-30 m, diâmetro de 10-15 cm, ereto, com elevada resistência mecânica, com ápice pendente, entrenós cilíndricos, ocos ou sub-sólidos, sulcado no ponto de fixação de ramo complementar; *bainhas* decíduas na parte alta do colmo, densamente tomentosas na face abaxial; lígula variável, convexa, limbo da bainha grosseiramente triangular; *limbos foliares* variáveis em tamanho e forma, com nervuras transversais, mais jovens oval a oblongo-lanceolado e mais velhos oblongos a linear-lanceolados, glabros, com cristas transversais as nervuras; *galhos* suprimidos a 1/2-2/3 da altura, exceto nos 6º-10º nó basal dos grandes colmos, muito espinhosos nos nós próximos ao solo. Tem sua origem relatada no México, países da América Central e do Sul, exceto Chile.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental e espécies de bambu

A Área Experimental Agrícola do Departamento de Engenharia Mecânica do Campus da UNESP, Bauru, São Paulo, localiza-se nas latitudes 22°15' W e 22°30' S. O solo é classificado como Latossolo vermelho-amarelo, álico-distrófico, profundo e bem drenado, sendo considerado um solo de baixa fertilidade, pobre em nutrientes, com baixa quantidade de argila, baixa capacidade de retenção de cátions, baixa retenção de água e elevada acidez. O clima é sub-tropical seco no inverno, com temperatura anual média de 21,5 ºC e a precipitação anual média de 1433 mm, com balanço hídrico característico (Figura 2) (EMBRAPA, 2009; PEREIRA, 2012). Na Área Experimental Agrícola foram plantadas, cultivadas e manejadas sistematicamente as principais espécies de bambu indicadas para a região pelo INBAR (1994), potenciais para a pesquisa, ensino e aplicação tecnológica. Da coleção de 5 gêneros e 13 espécies de bambu foram selecionadas as de ***Dendrocalamus asper*** (Figura 3A) (de origem asiática e relativamente comum em nosso meio, plantada no verão de 1994-1995, sendo as mudas produzidas na área, através de métodos vegetativos de propagação, sendo plantadas 30 moitas, no espaçamento 8 x 8 m, em área de 3000 m^2) de ***Guadua angustifolia*** (Figura 3B) (de origem colombiana e pouco difundida em nosso meio, plantada no verão de 1997-1998, sendo as mudas produzidas na área, através de métodos vegetativos de propagação, sendo plantadas 41 moitas, no espaçamento 6 x 6 m, em área de 2500 m^2). Nas touceiras das 3 espécies de bambu são numerados, a cada ano, os colmos emergentes, através de sistema próprio de identificação, permitindo determinar a sua idade (Figura 3C). Os tratos culturais consistem em manter as moitas limpas através de capinas e adubações anuais de manutenção (NPK 20 5 20). O manejo inicial das touceiras consistiu manutenção de todos os novos colmos, formando o maior número de colmos/moita. A partir do 4º ano foram sendo retirados os colmos maduros (acima de 3 anos) , os defeituosos e os causam o adensamento da moita visando obter, inicialmente, um aumento no número de novos colmos/ano e nas dimensões apropriadas de diâmetro e altura, sem dificultar o acesso ao corte dos colmos internos nos anos subsequentes, padronizando suas dimensões (diâmetro final característico da espécie) e número de

colmos/ano. Da mesma forma, a partir do 4-5º ano os colmos foram identificados e inventariados registrando-se, anualmente, o número de colmos/moita, DAP e altura e estimativas do número de colmos/ha (PEREIRA, 2014[1]). No presente trabalho, tomando-se como base o ano de 2012 de realização da coleta, foram selecionados colmos das três espécies com variação da idade de 1-10 anos para o *D. asper*, de 4-10 anos para o *D. latiflorus* e de 1-6 anos para o *G. angustifolia* (Tabela 1).

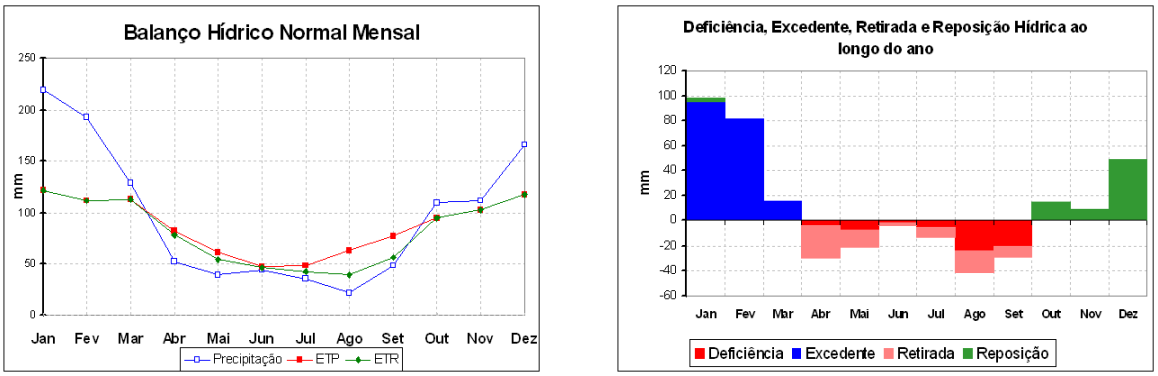


Figura 2 - Balanço hídrico da região de Bauru, SP (1941-70) (fonte: EMBRAPA, 2009)

Tabela 1 - Intervalo de idade e número de repetições de colmos coletados das três espécies de bambu

Ano	Espécie		
	D.asper	***D.latiflorus***	***G.angustifolia***
2002	5	2	-
2003	5	2	-
2004	5	3	-
2005	5	2	-
2006	5	3	5
2007	5	2	5
2008	5	3	5
2009	5	-	5
2010	5	-	5
2011	5	-	5

3.2 Coleta de amostras de colmos de bambu por método não-destrutivo

As amostras de forma circular (2,5 cm, diâmetro) foram extraídas através de método não destrutivo dos colmos das três espécies de bambu utilizando uma serra-

[1] PEREIRA, M.A.R. Desenvolvimento e utilização de espécies de bambu cultivadas na UNESP de Bauru. 2014. Trabalho aprovado para apresentação no ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 14., 2014, Natal.

copo acoplada a furadeira elétrica, (Figura 3D). As amostras dos colmos foram identificadas e armazenadas em recipientes plásticos identificados e transportadas para o Laboratório de Anatomia, Identificação de Madeiras do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP.

Figura 3 - (A) Identificação da idade dos colmos; (B) *Dendrocalamus asper;* (C) *Guadua angustifolia*. (Fonte: Pereira, 2014[1]). (D) Extração da amostra do colmo de bambu utilizando-se de método não destrutivo

3.3 Caracterização macro e microscópica dos colmos de bambu

3.3.1 Caracterização macroscópica dos colmos de bambu

Preparo das amostras dos colmos de bambu: as amostras dos colmos de bambu foram coladas em suporte de madeira e cortadas (espessura de 2 mm) no sentido transversal às fibras em equipamento de dupla serra circular paralela (Figura 4A e B). Em seguida, as amostras dos colmos foram cortadas longitudinalmente em serra de fita, obtendo-se amostras para a caracterização macroscópica (1 mm, espessura). A seção transversal destas amostras dos colmos de bambu foi polida em uma sequência de lixas (100, 220, 320, 400 e 600, granulometria) destacando a sua estrutura anatômica macroscópica e identificada com caneta de tinta nanquim.

Figura 4 - Amostras de colmos de bambu coladas em suporte de madeira com sua secção transversal cortada em equipamento de dupla serra (A,B); amostra seccionada e identificada (C,D) para análises

Análise macroscópica dos colmos de bambu: a secção transversal dos colmos das 3 espécies de bambu foram digitalizadas (scanner Epson Perfection V750 PRO, 4800 dpi) para as observações e o desenvolvimento de análise da sua estrutura macroscópica, com base nos feixes vasculares, bainha de fibras (forma, tamanho e

frequência) e no parênquima axial. A caracterização da estrutura anatômica macroscópica dos colmos dos bambus evidenciou um decréscimo na % da bainha de fibras da sua camada externa para a interna, observada por inúmeros pesquisadores, como Liese (1998) propiciando a discriminação dos colmos em três camadas, a saber: (A) interna, caracterizada por feixes de fibras maiores/menor frequência e maior % de parênquima; (B) intermediária, transição entre as 2 camadas; (C) externa, próxima à casca, caracterizada por feixes de fibras menores/maior frequência e menor % de parênquima. Para cada camada do colmo das 3 espécies de bambu foi determinada a área e a % da bainha de fibras e do parênquima axial aplicando software de análise de imagens. Nesta etapa dos procedimentos metodológicos foram aplicados inúmeros programas de análise de imagem, como o Image Pro-plus, Photoshop, Image J e Multispec, avaliando o desempenho em relação à qualidade da imagem da seção transversal do bambu visando a caracterização macroscópica e quantificação dos tecidos. Dentre estes, selecionou-se o MultiSpec originalmente aplicado em sistema de processamento de dados de imagem multiespectral da superfície da Terra e desenvolvido pela Universidade Purdue, Indiana, EUA. Na sequência, procedeu-se ao processamento das imagens da estrutura anatômica macroscópica dos colmos de bambu conforme o tutorial do site e a descrição de Silva Filho e Girão (2009), consistindo na amostragem dos pixels da imagem identificando os feixes de fibras + elementos vasculares e a região do parênquima. As diferentes etapas da aplicação do software MultiSpec para as 3 camadas dos colmos de bambu indicando o contraste dos elementos anatômicos macroscópicos - feixe de fibras, elementos vasculares e tecido do parênquima – precedem à determinação da % em área dos colmos.

3.3.2 Caracterização microscópica dos colmos de bambu

Idade dos colmos de bambu: a análise da estrutura microscópica foi realizada nos colmos de bambu de menor-maior idade, ou seja, do 1º e 10º ano para *Dendrocalamus asper*, do 4º e 10º ano para o *D. latiflorus* e do 1º e 6º ano para o *Guadua angustifolia*, mantendo as três camadas.

3.3.2.1 Caracterização microscópica dos colmos de bambu por microscopia de luz

Preparo das amostras dos colmos: foi realizada a análise microscópica das amostras de colmos de bambu (forma circular) cortadas em aparelho de dupla serra e em serra de fita.

Confecção das lâminas histológicas dos colmos: os corpos de prova de bambu foram demarcados e cortados (1x1 x1,5 cm, orientados plano transversal); imersos em solução (água+glicerina) e em água (ebulição para amolecimento, 3 h); fixados no micrótomo de deslize; cortadas cortes histológicos (15-20 µm, espessura) com navalha de aço; transferidos os cortes histológicos para vidro de relógio; clarificados (hipoclorito de sódio, 20%), lavados (água destilada) e corados (safranina); transferidas para lâminas de vidro, aplicada e coberta com lamínula de vidro (JOHANSEN, 1940; SASS, 1951). As lâminas histológicas com 3 seções do colmo das 3 espécies de bambu foram examinadas sob microscópio de luz Zeiss Axioskop para a determinação do padrão de distribuição dos elementos anatômicos. A estrutura anatômica dos colmos foi descrita de acordo com o proposto para os bambus por Grosser e Liese (1971).

Avaliação da morfologia e dimensões das células dos colmos: fragmentos dos colmos de bambus foram transferidos para tubo de ensaio (10 ml de ácido acético + peróxido de hidrogênio; 1:1); fechados e transferidos para estufa (60°C, 48h) para a dissociação dos elementos celulares (FRANKLIN, 1937); lavados (4 vezes; água destilada), para a retirada da solução macerante e extrativos; adicionado corante (safranina, 1%, 20 min); transferidas as células para lâminas de vidro (2 gotas glicerina) e cobertas (lamínula de vidro). As lâminas histológicas foram examinadas sob microscopia de luz e coletadas imagens das fibras (ampliações de10x e 400x), para a medição de comprimento (10x), espessura e diâmetro do lume (400x) das fibras em programa Image Pro-plus. O número de fibras medidas seguiu a norma da IAWA (IAWA COMMITTEE, 2004).

3.3.2.2 Caracterização microscópica dos colmos de bambu pelo MEV

Preparo das amostras dos colmos: a seção transversal das amostras dos colmos de bambu foi polida com navalha de aço em micrótomo de deslize Leica modelo SM

2000 R; secagem em estufa de circulação forçada (50°C, 48 h); as amostras dos colmos foram fixadas em suportes (cola à base de carbono); recobertos com filme de ouro (espessura 2.10^{-5} mm, 120 seg, equipamento Bal-Tec SCD 050 SputterCoster) para análise em MEV da marca Jeol, modelo JSN 5600 LV. Para a aquisição das imagens da estrutura anatômica dos colmos de bambu foram utilizados elétrons secundários acelerados (tensão 15 kV) (ISHIDA, 2010). As imagens da estrutura anatômica das camadas interna-intermediária-externa dos colmos de bambu foram coletadas em diferentes aumentos para a obtenção de visões periféricas e detalhadas das camadas do colmo. A característica anatômica dos colmos de bambu analisados foi a caracterização e classificação dos feixes de fibras, conforme Liese e Grosser (2000) (Figura 5A e B).

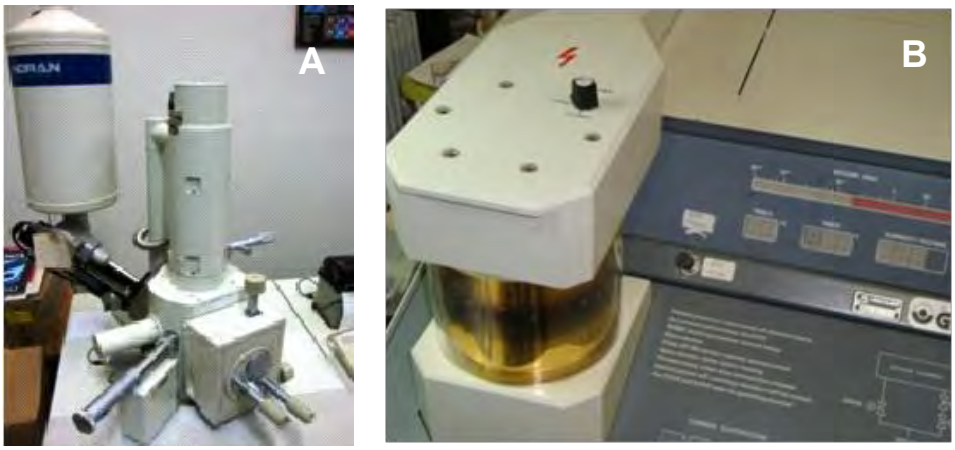


Figura 5 - MEV com sistema de microanálise (A) e equipamento para recobrimento das amostras de bambu com filme de ouro Bal-Tec (B)

3.4 Caracterização física: densidade dos colmos por densitometria de raios X

Preparo das amostras dos colmos de bambu: as amostras dos colmos de bambu das 3 espécies utilizadas na caracterização da estrutura macroscópica foram acondicionadas em câmara de climatização (12 h, 20°C, 50% UR) até 12% de umidade (AMARAL; TOMAZELLO FILHO, 1998).

Análise da densidade aparente dos colmos: as amostras da seção transversal dos colmos de bambu foram fixadas em suporte plástico e em suporte metálico; os suportes foram inseridos na câmara de irradiação do equipamento QTRS-01X, seguindo-se o seu escaneamento contínuo no sentido radial dos colmos de bambu, por feixe de raios X colimado. Os perfis de densidade aparente do lenho dos colmos

de bambu foram analisados e relacionados com a sua estrutura anatômica determinando-se, ainda, o valor de densidade média, máxima e mínima (Figura 6).

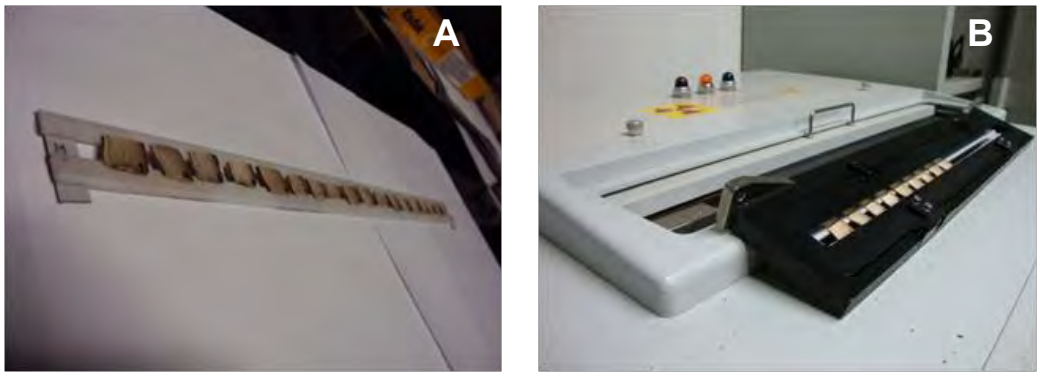


Figura 6 - Amostras dos colmos de bambu em suporte plástico (A) e metálico (B) para o escaneamento em equipamento de raios X

3.5 Análise estatística dos resultados

Na análise estatística dos resultados foram aplicados os programas SAS (Versão 9.3) e Sisvar (Versão 5.3) utilizando o delineamento inteiramente aleatorizado para a análise das características anatômicas e físicas dos colmos de bambu. Foi utilizada a ANOVA para verificar o efeito da idade e camada do colmo, sendo aplicado o teste de Tukey para as características anatômicas e o de Scott-Knott para as características físicas dos colmos de bambu, ajustados a 95% de probabilidade. Para o conjunto de dados das características anatômicas dos colmos de bambu com heterogeneidade de variância e pontos discrepantes utilizou-se a transformação de Box-Cox, para a estimação de regressões não lineares (OLIVEIRA, 1997). Foram, também, realizadas análises de regressão múltipla visando selecionar as variáveis anatômicas que correlacionam-se com a densidade aparente média dos colmos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização macro e microscópica dos colmos de bambu

4.1.1 Caracterização macroscópica dos colmos de bambu

O polimento da seção transversal dos colmos das espécies de bambu permite a análise da sua **estrutura anatômica macroscópica** com a diferenciação das células e dos tecidos com a função de armazenamento (parênquima axial), de sustentação (bainha de fibras) e vascular (elementos de vaso do metaxilema e do protoxilema; elementos de tubo crivado e células companheiras). Essa diferenciação é devida às diferenças na coloração e na morfologia das células e tecidos. A *bainha de fibras* apresenta uma coloração mais escura, de tonalidade marrom escuro, pela maior espessura da parede celular, menor largura e diâmetro do lume; o *tecido do parênquima* apresenta uma coloração clara, de tonalidade amarelado claro, pela menor espessura da parede celular, maior largura e diâmetro do lume; os feixes vasculares de coloração clara, como elementos abertos envolvidos pelo cordão de esclerênquima e bainha de fibras (METCALFE, 1960; GROSSER; LIESE, 1971; GROSSER; ZAMUCO, 1971; LIESE, 1980; TOMAZELLO FILHO; AZZINI, 1988).

A nítida variação da estrutura anatômica ao longo da espessura da parede dos colmos das espécies de bambu propiciou a aplicação de softwares de análise de imagem – sendo selecionado o MultiSpec – para a segmentação da parede do colmo em 3 camadas, sendo A (interna), B (intermediária) e C (externa) e a determinação da **porcentagem de área** dos feixes de fibra + elementos vasculares e de tecido de parênquima. A metodologia do processamento da imagem digital da seção transversal do colmo, a segmentação em três camadas e o contraste final obtido para os elementos anatômicos para as avaliações qualitativas e quantitativas é apresentada na Figura 7.

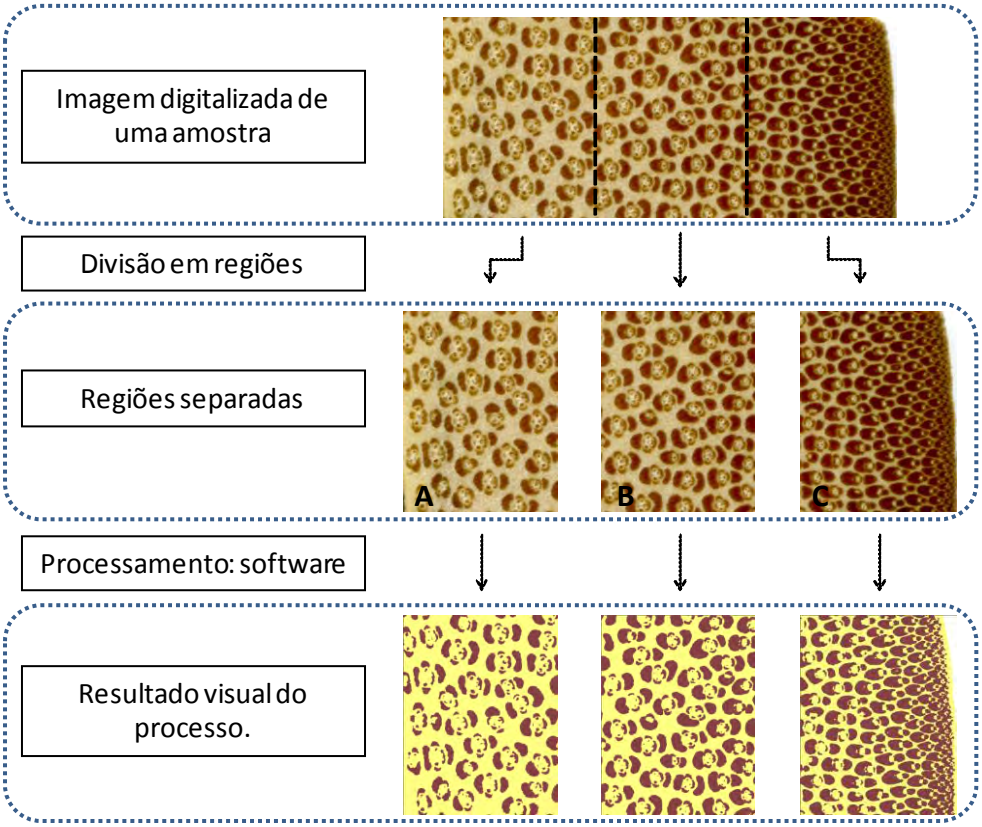


Figura 7 - Processamento de imagens da seção transversal de colmo de bambu - digitalização, segmentação, contraste e quantificação dos elementos anatômicos pelo software MultiSpec.

A significativa **variação na estrutura anatômica ao longo da parede dos colmos de bambu**, da camada mais interna em relação à mais externa é relatada na literatura especializada, por inúmeros autores como Liese (1998), Tomazello Filho e Azzini (1987); Azzini e Beraldo (2000); Silva (2005) e Marinho (2012), para as espécies de bambu sendo caracterizada pela (i) maior abundância de tecido de parênquima na camada mais interna do colmo, diminuindo gradativamente em direção à mais externa, (ii) feixes vasculares mais largos e em menor número na camada mais interna e com maior frequência e menor dimensão na mais externa e (iii) bainha de fibras em menor número e maior dimensão na camada mais interna, com aumento da frequência e diminuição da dimensão na mais externa (Figura 8 A,B,C).

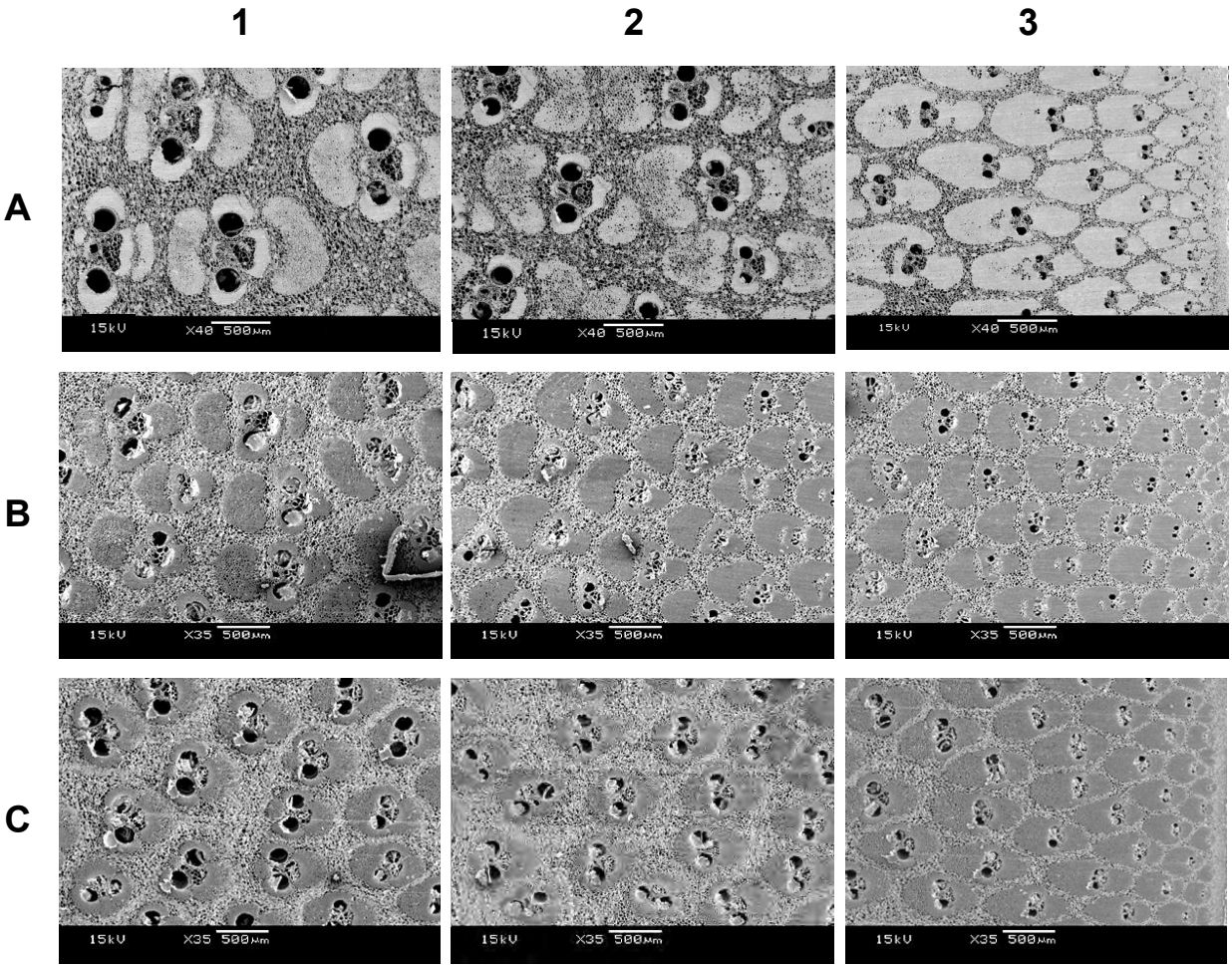


Figura 8 - Estrutura anatômica das camadas interna (1), intermediária (2) e externa (3) dos colmos de *Dendrocalamus asper* (A), *Dendrocalamus latiflorus* (B) e *Guadua angustifolia* (C)

Observam-se **diferenças na porcentagem de fibras + elementos vasculares e de parênquima** nas três camadas dos colmos de bambu das três espécies, para determinados anos, (Tabela 2, Figura 9 A, B, C), a saber:

Em *Dendrocalamus asper*, comparando-se com os demais anos, os colmos de 2010 apresentaram maior porcentagem de feixes de fibras e de elementos vasculares nas camadas A e B (41 e 47%) e menor porcentagem de parênquima (59 e 53%); os de 2002, por outro lado, menor porcentagem de fibras e de elementos vasculares nas camadas A e B (30 e 40%) e maior porcentagem de parênquima (70 e 60%); com relação à camada C, os colmos de 2008 apresentaram maior porcentagem de feixes de fibras e de elementos vasculares (61%) e menor porcentagem de parênquima (39%); os de 2007 menor porcentagem de feixes de fibras e elementos vasculares (51%) e maior de parênquima (48%) (Figura 9A).

Em *Dendrocalamus latiflorus,* comparando-se com os demais anos, os colmos de 2002 apresentaram maior porcentagem de feixes de fibras e elementos vasculares (66%) e menor % de parênquima na camada A (34%); enquanto os de 2005 a maior % de feixes de fibras e de elementos vasculares (54%) e a menor % de parênquima na camada B (46%); os colmos de 2006 apresentaram menor % de feixes de fibras e de elementos vasculares nas camadas A e B (17 e 22%) e maior % de parênquima (83 e 78%); com relação à camada C, os colmos de 2007 apresentaram maior porcentagem de feixes de fibras e elementos vasculares (54%) e menor de parênquima (46%) e os colmos de 2003, a menor porcentagem de feixes de fibras e elementos vasculares (44%) e maior de parênquima (56%) (Figura 9B);

Em *Guadua angustifolia,* comparando-se com os demais anos, os colmos de 2011 apresentaram maior porcentagem de fibras e elementos vasculares nas camadas B e C (33 e 54%) e menor porcentagem de parênquima (67 e 46%); os colmos de 2008 apresentaram a maior % de feixes de fibras e elementos vasculares na camada A (32%) e menor % de parênquima (67%); os colmos de 2006 a menor porcentagem de feixes de fibras e elementos vasculares na camada B (25%) e maior % de parênquima (74%); os colmos de 2007 apresentaram a menor porcentagem de feixes de fibras e elementos vasculares nas camadas A e C (22 e 41%) e a maior porcentagem de parênquima (78 e 59%) (Figura 9C).

Tabela 2 - Feixes de fibras, elementos vasculares e parênquima (%) nas camadas dos colmos de *Dendrocalamus asper, D. latiflorus e de Guadua angustifolia* – variação interanual e média

Caracterização macroscópica dos colmos de *Dendrocalamus asper*							
		Feixes de fibras e vasculares (%)			**Tecido parenquimático (%)**		
Ano	**Espessura**	**Região A**	**Região B**	**Região C**	**Região A**	**Região B**	**Região C**
2002	14,61	29,92	40,30	56,40	70,08	59,70	43,60
2003	15,46	33,23	40,40	54,62	66,77	59,60	45,38
2004	14,73	33,77	44,14	53,69	66,23	55,86	46,31
2005	15,14	33,73	41,17	53,90	66,27	58,83	46,10
2006	17,92	31,60	40,34	56,26	68,40	59,66	43,74
2007	12,23	33,66	41,53	51,57	66,33	58,47	48,43
2008	17,18	35,89	43,06	60,88	64,11	56,94	39,12
2009	16,67	33,21	44,30	54,48	66,79	55,70	45,51
2010	15,07	40,92	47,02	55,04	59,08	52,98	44,99
2011	17,86	34,25	40,68	58,47	65,75	59,32	41,53
MÉDIA	**15,69**	**34,02**	**42,29**	**55,53**	**65,98**	**57,71**	**44,47**

Caracterização macroscópica dos colmos de *Dendrocalamus latiflorus*							
		Feixes de fibras e vasculares (%)			**Tecido parenquimático (%)**		
Ano	**Espessura**	**Região A**	**Região B**	**Região C**	**Região A**	**Região B**	**Região C**
2002	15,12	**35,11**	38,10	51,26	64,89	61,90	48,74
2003	13,04	35,58	47,75	**44,08**	64,43	52,25	55,92
2004	14,11	37,26	45,67	50,13	62,74	54,33	49,87
2005	12,92	39,93	**53,60**	50,03	60,08	46,40	49,98
2006	13,80	**23,84**	**33,48**	51,32	76,16	66,52	48,68
2007	11,00	41,85	50,05	**54,07**	58,15	49,95	45,93
2008	11,75	40,04	40,35	48,68	59,96	59,65	51,35
MÉDIA	**13,11**	**36,23**	**44,14**	**49,94**	**63,77**	**55,86**	**50,07**

Caracterização macroscópica dos colmos de *Guadua angustifolia*							
		Feixes de fibras e vasculares (%)			**Tecido parenquimático (%)**		
Ano	**Espessura**	**Camada A**	**Camada B**	**Camada C**	**Camada A**	**Camada B**	**Camada C**
2006	12,08	25,18	25,52	47,03	74,82	74,48	52,97
2007	12,46	22,20	26,83	41,50	77,80	73,17	58,50
2008	12,83	32,49	25,62	53,33	67,51	74,38	46,67
2009	12,58	28,78	28,17	49,07	71,22	71,83	50,95
2010	12,02	29,26	30,20	47,66	70,74	69,80	52,34
2011	9,67	29,34	33,04	54,46	70,66	66,96	45,54
MÉDIA	**11,94**	**27,88**	**28,23**	**48,84**	**72,12**	**71,77**	**51,16**

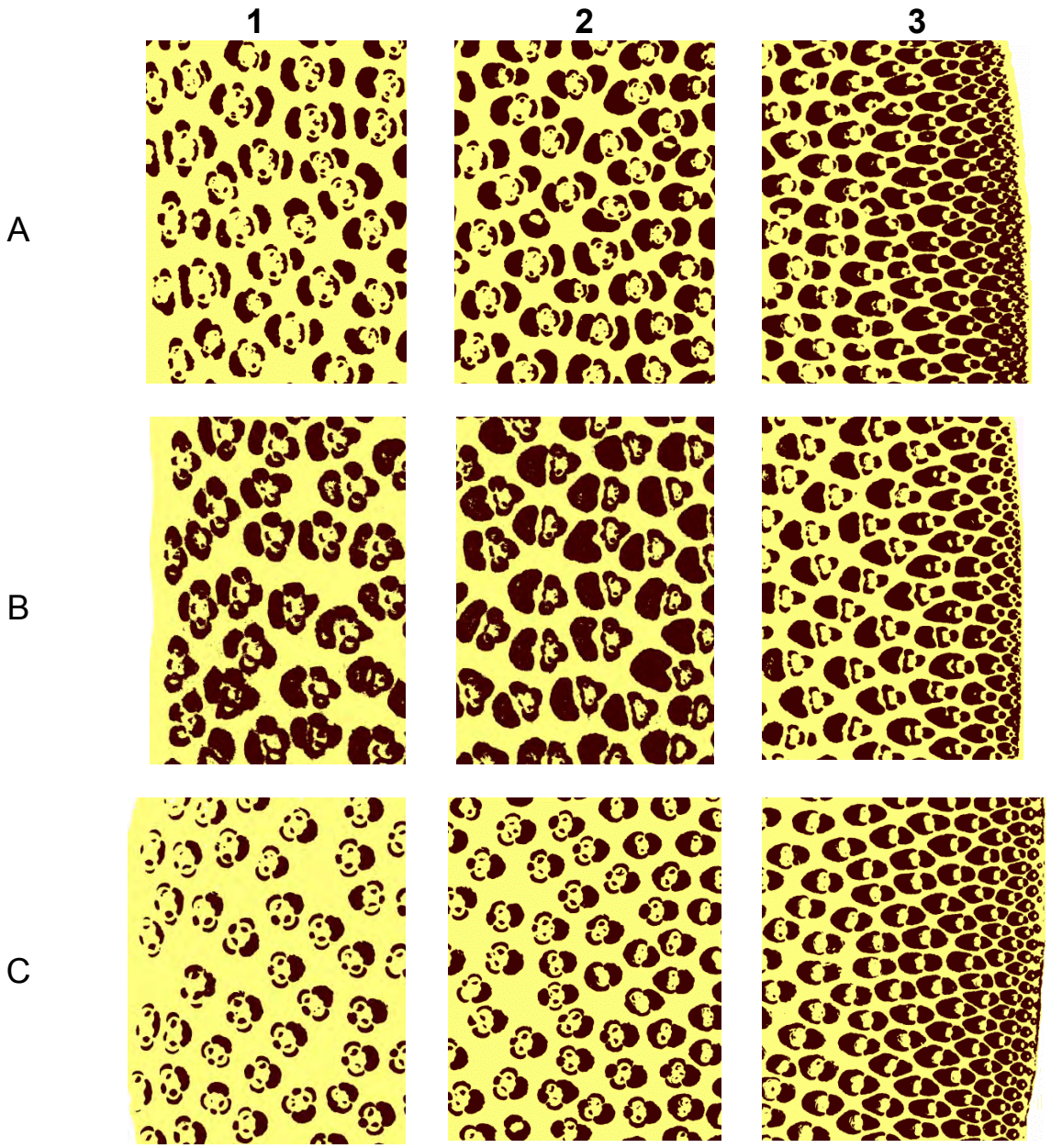


Figura 9 - Estrutura anatômica das camadas interna (1), intermediária (2) e externa (3) dos colmos de *Dendrocalamus asper* (A), *Dendrocalamus latiflorus* (B) e *Guadua angustifolia* (C)

As **variações anatômicas dos colmos das várias idades**, nas suas três camadas indicam, para as três espécies de bambu, que as maiores diferenças ocorreram nas camadas interna (A) e intermediária (B) em relação à externa (C). Essa diferença pressupõe que as camadas dos colmos com a função prioritária de armazenamento de compostos de reserva (amido) e de fluxo ascendente e descendente de seiva ao longo do colmo são, em relação à função de sustentação,

mais afetadas pelas variações interanuais. Da mesma forma, essas variações refletem nas propriedades físico-mecânicas e na utilização dos colmos de bambu.

Os valores médios de variação anatômica nas 3 camadas dos colmos para as 3 espécies de bambu indicam que (Tabela 2, Figura 10) as espécies *Dendrocalamus asper* e *D. latiflorus* apresentam maior % de feixes de fibras e elementos vasculares e menor % de parênquima em relação a *Guadua angustifolia*, principalmente, nas camadas A e B. Ainda, a maior diferença entre as camadas dos colmos foi verificada em *Dendrocalamus asper* (34 e 55% de fibras e elementos vasculares nas camadas A e C, respectivamente, com diferença de 21%) e *Guadua angustifolia* (28 e 49% de fibras e elementos vasculares nas camadas A e C, respectivamente, com diferença de 21%). Para os colmos de Dendrocalamus latiflorus o valor médio da % de fibras e elementos vasculares nas camadas A e C foram de 38 e 50% e, com diferença de 12%).

Essas variações da estrutura anatômica devem ser analisadas, conjuntamente, com a espessura do colmo e a de cada uma das suas 3 camadas podendo estar relacionadas com as condições climáticas do ano anterior e do ano corrente, período da formação do broto, do crescimento e do desenvolvimento dos colmos de bambu.

A análise da relação estrutura anatômica-espessura dos colmos de bambu com as variáveis climáticas pode propiciar importantes subsídios para o entendimento da ecofisiologia dos bambus, considerando que esse grupo de plantas caracteriza-se pela formação dos brotos/crescimento e formação dos colmos a partir dos colmos maduros (do ano anterior) pré-existentes na touceira. Desta forma, a inserção da variável climática é importante no processo de avaliação dos colmos maduros – comprimento, largura, retidão, coloração, estado nutricional, ramos, área foliar, etc. - e dos colmos novos formados a partir deles. Os parâmetros climáticos e o efeito na formação e estrutura dos colmos – espessura da parede, espessura das 3 camadas, % de fibras, de parênquima e de elementos condutores, densidade, teor de amido, etc. – são de igual importância e devem ser avaliados.

Ainda, é importante relacionar a influencia das variações climáticas anuais como subsidio à silvicultura e manejo das touceiras de bambu, como no número total de brotos, de brotos que originaram colmos e seu crescimento e desenvolvimento. Estes aspectos ecofisiológicos das espécies de bambu e sua relação com o ambiente são, da mesma forma, importantes face às mudanças climáticas globais

(aumento da temperatura, redução da precipitação). Por fim, destaca-se a relação com as propriedades tecnológicas e de utilização dos colmos de bambu, considerando, principalmente, que a camada de maior importância e aproveitamento é a localizada na camada mais externa (camada C) dos colmos.

Tabela 3 - Média da porcentagem de feixes de fibras e vasculares e tecido parenquimático das três espécies

Médias dos valores de porcentagens das três espécies (%)						
	Feixes de fibras e vasculares			Tecido parenquimático		
Espécie	**Camada A**	**Camada B**	**Camada C**	**Camada A**	**Camada B**	**Camada C**
Dendrocalamus asper	34,02	42,29	55,53	65,98	57,71	44,47
Dendrocalamus latiflorus	37,75	44,14	49,94	62,25	55,86	50,07
Guadua angustifolia	27,88	28,23	48,84	72,12	71,77	51,16

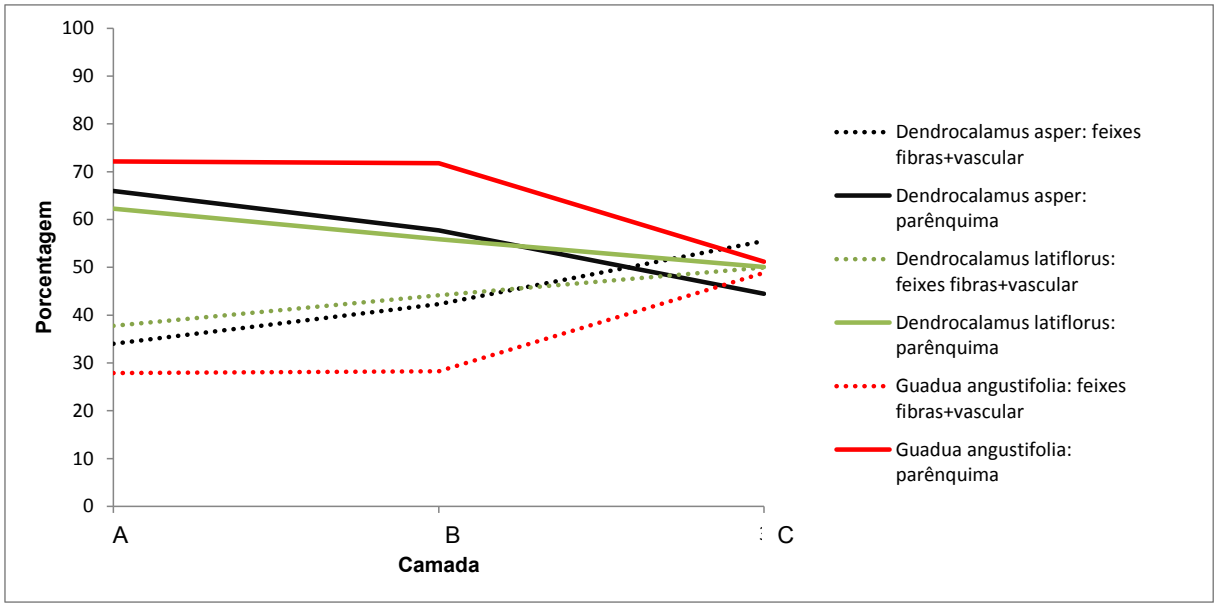


Figura 10 - Variação da porcentagem de feixes de fibras+vascular e parênquima ao longo da espessura do colmo, para as três espécies de bambu

4.1.2 Caracterização microscópica dos colmos por microscopia de luz e MEV

A **estrutura anatômica dos colmos de bambu**, de acordo com as Figuras 11, 12, 13 e 14 e pela descrição de inúmeros autores, como Metcalfe (1960); Grosser e Liese (1971), Grosser e Zamuco (1971), Liese (1980), Tomazello Filho e Azzini (1987), é caracterizada, em sua seção transversal, por numerosos feixes fibrovasculares envolvidos por células de parênquima, com uma epiderme formada por uma fileira de células epiteliais seguida por uma de células de esclerênquima. Nos internódios as células e tecidos estão dispostas no sentido longitudinal, não

possuindo células no sentido radial, como os raios no lenho das angiospermas dicotiledôneas e das gimnospermas. Os tecidos dos colmos de bambu são constituídos dos seguintes tipos de células: (i) células do parênquima formando o tecido fundamental; (ii) vasos, elementos crivados com células companheiras e cordões de esclerênquima constituindo os feixes fibrovasculares e (iii) fibras, compondo as bainhas de fibras.

(i) ***parênquima fundamental*** - formado por células alongadas, dispostas verticalmente, intercaladas por células curtas, prismáticas. As células alongadas possuem parede mais espessa e tornam-se lignificadas nos primeiros estágios de crescimento dos colmos; as células curtas são caracterizadas pela parede mais delgada e não se tornam lignificadas mesmo nos colmos adultos, contém citoplasma denso que mantém sua atividade fisiológica por longo período. As células do parênquima podem conter significativa quantidade de amido e intercomunicar-se através de pontoações simples localizadas nas paredes longitudinais. O tecido parenquimatoso é mais abundante nas camadas mais internas do colmo, diminuindo gradativamente em direção às camadas mais externas; o teor de parênquima decresce da base para o ápice dos colmos.

(ii) ***feixes vasculares*** - são formados pelo xilema, com 2 vasos largos de metaxilema (40-120m) e 1-2 vasos estreitos de protoxilema localizados entre os vasos do metaxilema; pelo floema, constituído por tubos crivados, de parede fina, não lignificada, conectados com várias células companheiras. Observa-se, também, o espaço intercelular (originado do xilema primário) entre os vasos do metaxilema e o floema primário (formado por uma camada de células comprimidas) na periferia do floema. Os vasos do metaxilema intercomunicam-se com as células do parênquima através de pontoações areoladas, em disposição alterna ou oposta.

(iii) ***tecidos de sustentação*** - os vasos do xilema e os tubos crivados do floema são envolvidos por cordões de esclerênquima, que apresentam diversidade de forma e de dimensão, de acordo com a espécie e posição no colmo dos bambus. As camadas interna/mediana apresentam 2 cordões laterais de esclerênquima envolvendo os vasos e 2 cordões polares envolvendo o floema e o espaço intercelular. Além dos cordões do esclerênquima, verificam-se as bainhas ou feixes isolados de fibras em um lado ou em ambos os lados do feixe vascular.

Com base nos trabalhos de Grosser e Liese (1971, 2000) em uma primeira etapa com, 14 gêneros e 52 espécies e, posteriormente, com 35 gêneros e 96

espécies, foi apresentado um agrupamento das espécies em 4 tipos e 8 subtipos fundamentado nas características anatômicas e com aplicação taxonômica. Aplicando os parâmetros preconizados por Grosser e Liese (1971, 2000), as espécies de bambu de *Dendrocalamus asper*, *D. latiflorus* e de *Guadua angustifolia* foram analisadas e **classificadas com base no tipo de feixe vascular**, sendo:

Os *feixes vasculares do tipo III e IV* foram observados na análise da estrutura anatômica dos colmos de *Dendrocalamus asper* e *D. latiflorus.* O feixe vascular do tipo III é constituído de 2 partes pelo feixe vascular central e, na sua região interior, por um feixe de fibras, sendo que este pode apresentar diferentes formas de acordo com a espécie. Esses tipos de feixes vasculares III e IV ocorrem em espécies de bambu com rizomas paquimorfos de forma isolada (somente tipo III, em *Bambusa*, *Dendrocalamus*) ou em combinação (tipo IV, em *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa* e *Thyrsostachys*). O feixe vascular tipo IV é constituído de 3 partes, o feixe vascular central e dois feixes de fibras separados também, apresentando, diversas formas como descrito no tipo III; o feixe vascular tipo IV ocorre sempre em conjunto com o tipo III, em gêneros de bambus paquimorfos, de grande porte (*Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa*) (Figuras 11, 12, 14)

Os *feixes vasculares do tipo IIa e IIb* foram observados na análise da estrutura anatômica dos colmos de *Guadua angustifolia.* O feixe vascular tipo II é constituído de, apenas, o feixe vascular central, sem a presença de feixes de fibras separados. O tecido do colmo é suportado apenas pelas bainhas de esclerênquima e o espaço intercelular do protoxilema não possui tiloses. Dependendo da dimensão das bainhas de esclerênquima distinguem-se 3 sub-tipos, sendo a, b e c. .O subtipo de feixe vascular IIa é caracterizado pela presença de 4 bainhas de esclerênquima simetricamente localizadas e de, aproximadamente, a mesma dimensão, sendo que o contorno é semelhante ao do feixe vascular central tipo III e IV. No Subtipo IIb a bainha mais externa do esclerênquima, ao lado do floema, é notavelmente maior em relação às outras 3 e, de acordo com Liese e Grosser (2000), os dois subtipos ocorrem em combinação em colmos de *Guadua angustifolia* (Figura 13).

A seção transversal dos colmos das 3 espécies de bambu, pelo MEV, indicou a exemplo da microscopia de luz, a estrutura anatômica microscópica dos colmos, com uma visualização mais detalhada, incluindo os tipos de feixes vasculares (Figura 14).

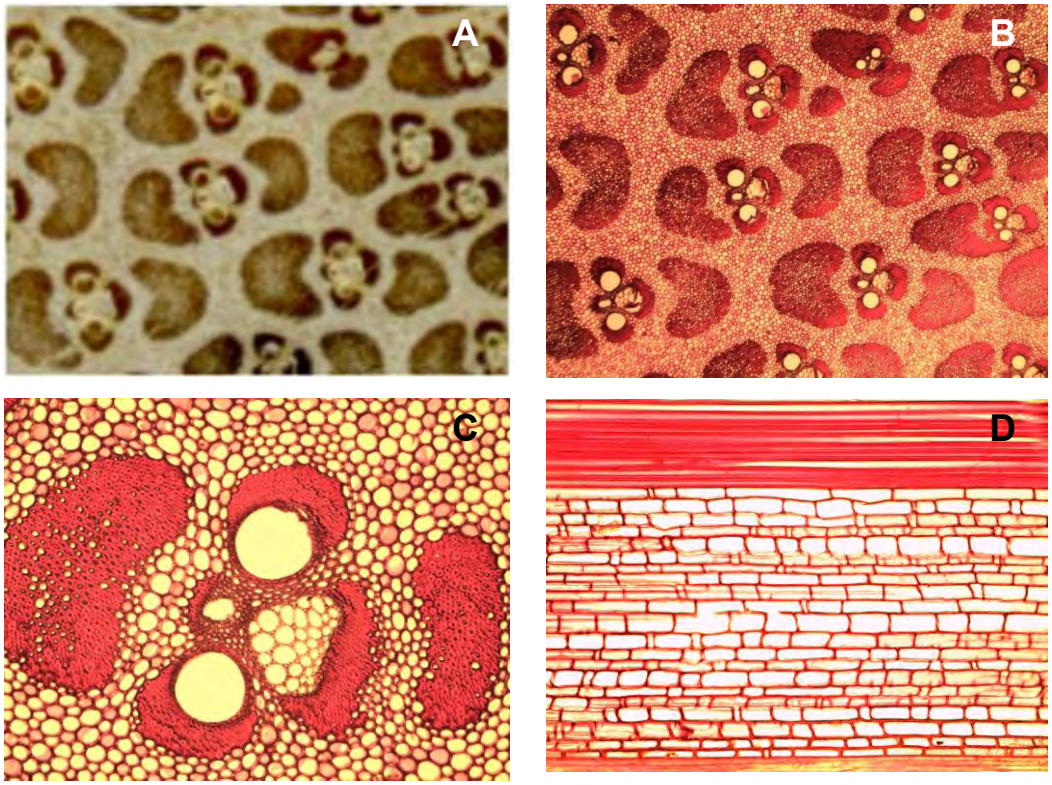


Figura 11 - Estrutura anatômica do colmo de *Dendrocalamus asper* seção transversal macro (A) e microscópica (B) (25x) e detalhe do tecido vascular, feixes de fibras e células do parênquima (C) (40x); plano longitudinal (D) (40x) com células do parênquima e feixes de fibras

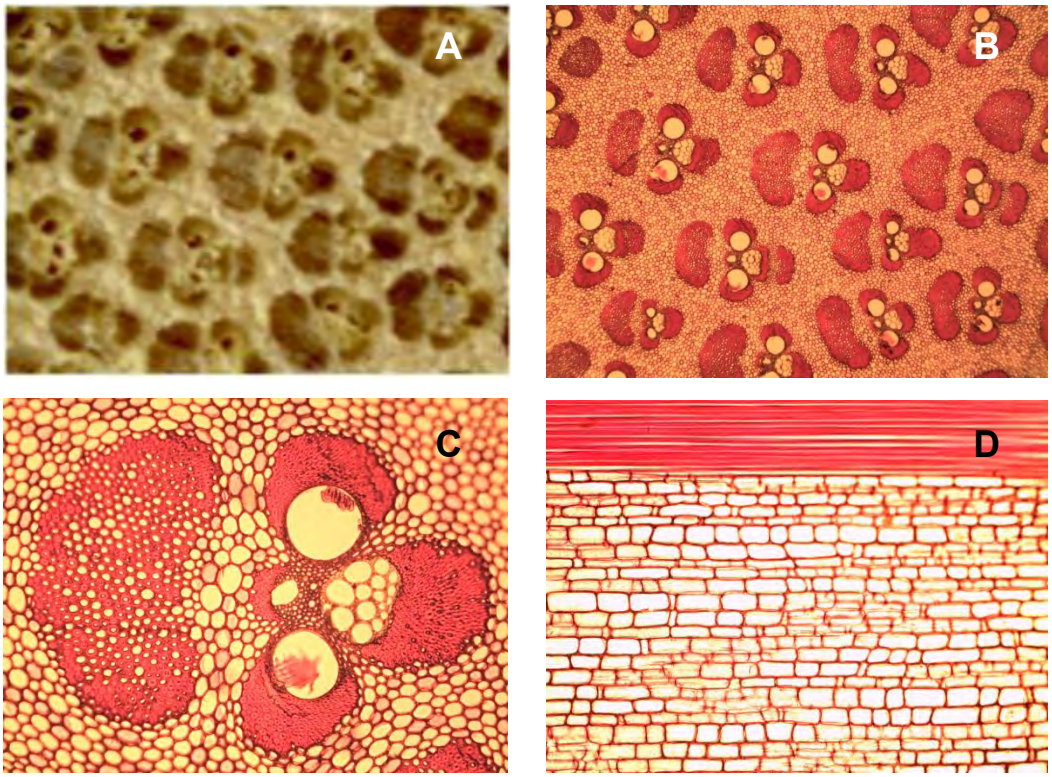


Figura 12 - Estrutura anatômica do colmo de *Dendrocalamus latiflorus* - seção transversal macro (A) e microscópica (B) (25x) e detalhe do tecido vascular, feixes de fibras e células do parênquima (C) (40x); plano longitudinal (D) (40x) com células do parênquima e feixes de fibras

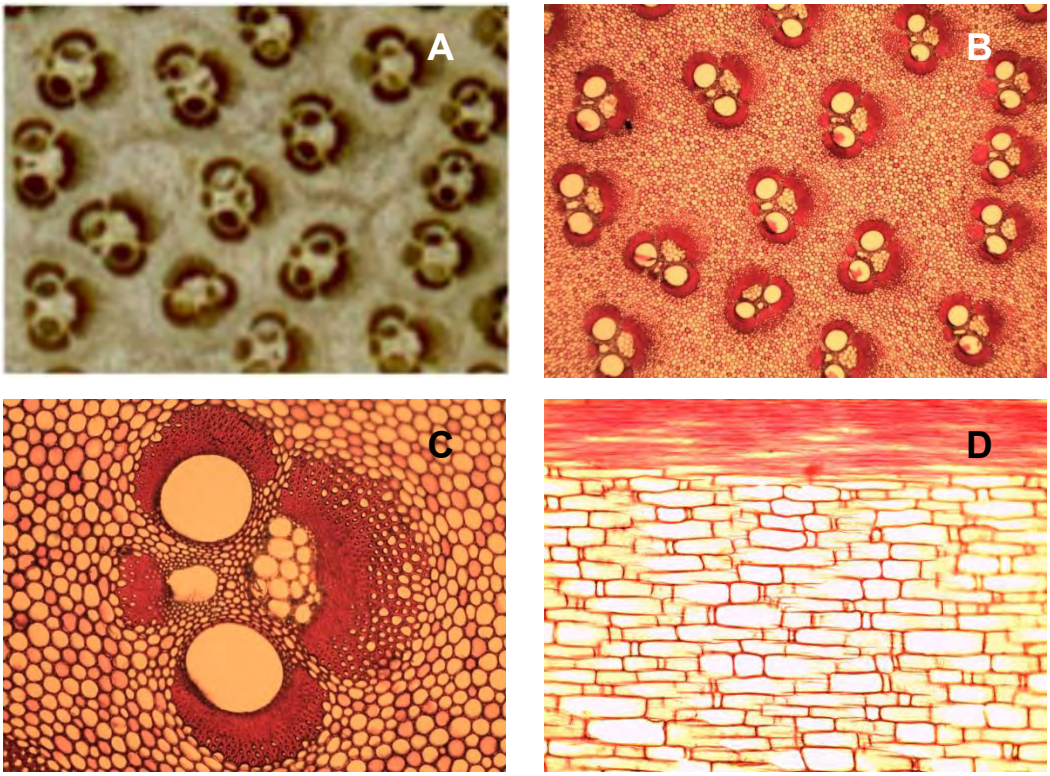


Figura 13 - Estrutura anatômica do colmo de *Guadua angustifolia* - seção transversal macro (A) e microscópica (B) (25x) e detalhe do tecido vascular, feixes de fibras e células do parênquima (C) (40x); plano longitudinal (D) (40x) com células do parênquima e feixes de fibras

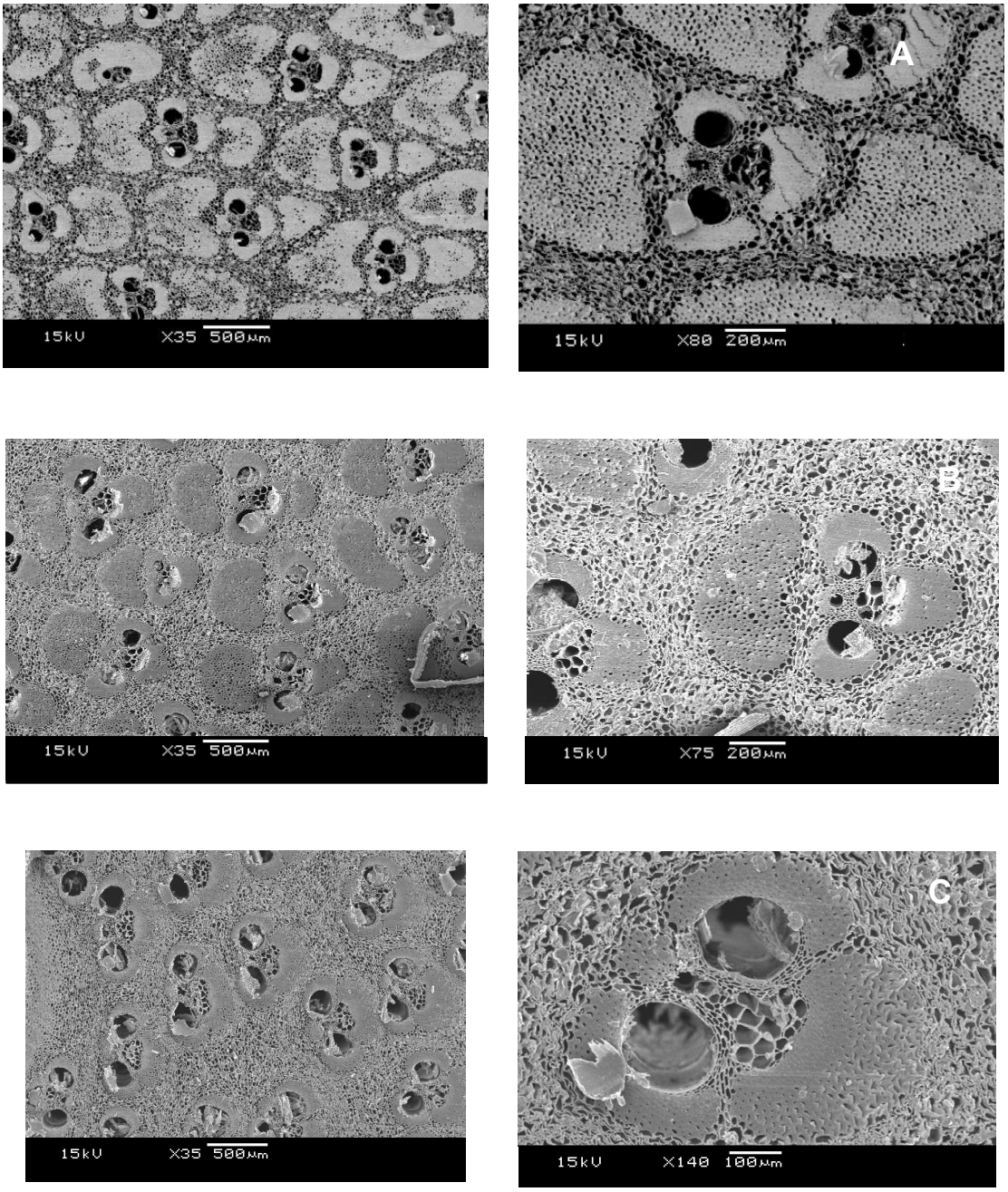


Figura 14 - Estrutura anatômica dos colmos de *Dendrocalamus asper* (A), *Dendrocalamus latiflorus* (B) e *Guadua angustifolia* (C) obtida por MEV, em 2 ampliações, indicando a bainha de fibras e o parênquima e o tipo de feixe vascular, de acordo com Grosser e Liese (1971, 2000)

4.1.2.1 Dimensões das fibras dos colmos de bambu

As dimensões das fibras, em 2 idades de formação dos colmos e nas sua 3 camadas e os seus valores médios para as 3 espécies, *Dendrocalamus asper, D. latiflorus* e *Guadua angustifolia,* são apresentadas nas Tabelas 4 e 5.

Em relação *à idade dos colmos* de ***Dendrocalamus asper***, as fibras de maior comprimento, largura e diâmetro do lume e de menor espessura da parede foram mensuradas nos colmos de 2011. Em relação *às camadas*, as fibras de (i) maior comprimento foram encontradas na camada interna dos colmos de 2002 e 2011, de (ii) maior largura nas camadas interna e intermediária dos dois anos, de (iii) maior diâmetro de lume nas camadas mais internas dos anos, e (iv) maior espessura da parede nas camadas internas dos colmos de 2002 e externas dos colmos de 2011 (Tabela 4).

Em relação *à idade dos colmos* de ***Dendrocalamus latiflorus***, as fibras de maior comprimento, menor largura, diâmetro do lume e espessura da parede foram mensuradas nos colmos de 2008. Em relação *às camadas*, as fibras de (i) maior comprimento foram encontradas nas camadas externa e intermediária dos colmos de 2008 e 2002, respectivamente, de (ii) maior largura nas camadas intermediárias para os dois anos, de (iii) maior lume para as camadas mais interna e intermediária dos colmos de 2008 e 2002, e (iv) maior espessura na camada mais externa dos colmos dos dois anos (Tabela 4).

Em relação *à idade dos colmos* de ***Guadua angustifolia***, as fibras não mostraram diferenças no comprimento e largura, sendo de maior lume e menor espessura da parede nos colmos de 2011. Em relação *às camadas*, as fibras de (i) maior comprimento, maior largura, maior lume e maior espessura da parede foram mensuradas nas camadas mais externas dos colmos dos dois anos (Tabela 4).

Em relação *à média dos colmos das três espécies de bambu*, as fibras de maior comprimento, largura, diâmetro de lume e espessura da parede foram mensuradas nos colmos de *Dendrocalamus asper* e *D. latiflorus*, em relação aos de *Guadua angustifolia* (Tabela 5).

As variações das dimensões das fibras observadas nos colmos das três espécies de bambu de diferentes anos devem-se, da mesma forma, ser analisadas, conjuntamente, com a espessura do colmo podendo estar relacionadas com as condições climáticas (ano anterior e corrente), formação do broto e do desenvolvimento dos colmos (vide item 4.1. Caracterização macroscópica dos colmos de bambu).

Em relação às dimensões das fibras dos colmos das espécies de bambu a literatura especializada as classifica considerando o seu comprimento como longas, com variação de 1,5-3,0 mm. O modelo de variação comumente descrito indica que,

no sentido transversal dos colmos, as fibras aumentam em comprimento a partir das suas camadas internas, atingindo comprimento máximo nas camadas médias, decrescendo novamente nas camadas mais externas. Ainda, em um mesmo colmo as fibras mais longas estão situadas na parte mediana do internódio e as mais curtas próximas dos nós. No sentido longitudinal dos colmos tem sido relatado nas publicações (i) um aumento do comprimento das fibras da base até a altura média do colmo, com posterior diminuição em direção do ápice e (ii) uma redução do comprimento das fibras da base para a extremidade dos colmos. Esse comportamento tem sido indicado para inúmeras espécies por diversos autores mostrando ser um modelo encontrado comumente nos colmos dos bambus (HU; LEE, 1963; LIESE; GROSSER, 1972; CHUNWARIN, 1976; AZZINI et al., 1979; WENYUE et al., 1981; ZAMUCO, 1972, LIESE, 1998, TOMAZELLO FILHO; AZZINI et al., 1987; AZZINI; BERALDO, 2000; SILVA, 2005; MARINHO, 2012). Nos colmos de *Bambusa vulgaris* os valores máximos para a largura, espessura da parede, exceto para o diâmetro do lúme, foram encontrados nas regiões centrais dos colmos. No sentido base-topo dos colmos verifica-se que (i) as fibras mais curtas acham-se localizadas a 100% e as mais longas a 25-75% da sua altura comercial; (ii) uma diminuição do diâmetro do lúmen e (iii) aumento na largura e espessura da parede das fibras, nas posições 25-75%, com decréscimos nas posições base e ápice (TOMAZELLO FILHO; AZZINI, 1987). Diferentes padrões de variação têm sido apresentados na literatura sendo que, de um modo geral, o modelo de fibras mais longas nas posições centrais do colmo é o comumente encontrado (PATTANATH, 1972; BASIO-ESPILOY, 1983; ZAMUCO, 1972). Redução no comprimento das fibras no sentido base-topo foi verificado para colmos de *Bambusa vulgaris, Sasa kurylensis* e outras espécies (HU; LEE, 1963; LIESE; GROSSER, 1972; KAWASE et al., 1984; MONTALVÃO FILHO et al., 1984). Com respeito aos valores médios das dimensões das fibras dos colmos observa-se que os obtidos no trabalho estão próximos aos apresentados por Ciaramello e Azzini (1971b), Barrichelo e Foelkel (1975a, 1975b) e Azzini et al. (1979), sendo superiores aos apresentados por Tamolang et al. (1957, 1960), Medina e Ciaramello (1962), Azzini e Ciaramello (1971); Tavita e Palisoc (1979) e Tamolang et al. (1980).

Tabela 4 - Dimensões das fibras: duas idades e três camadas dos colmos de *Dendrocalamus asper*, *D. latiflorus* e *Guadua angustifolia*

Dimensões das fibras de *D. asper* (µm)				
Ano	**Comprimento**	**Largura**	**Lume**	**Espessura**
2002	2620,00	18,83	2,95	7,94
2011	3134,48	22,65	10,49	6,08

Ano	**Camada**	**Comprimento**	**Largura**	**Lume**	**Espessura**
2002	A	2533,86	18,89	3,65	7,62
	B	2783,70	20,66	2,90	8,88
	C	2541,01	16,93	2,32	7,31
2011	A	3132,15	23,08	12,05	5,52
	B	3195,99	22,51	10,62	5,95
	C	3075,29	22,35	8,82	6,77

Dimensões das fibras de *D. latiflorus* (µm)				
Ano	**Comprimento**	**Largura**	**Lume**	**Espessura**
2002	2193,92	20,76	7,03	6,87
2008	2573,10	18,45	5,25	6,60

Ano	**Camada**	**Comprimento**	**Largura**	**Lume**	**Espessura**
2002	A	2089,42	17,85	4,97	6,44
	B	2305,58	24,66	11,89	6,39
	C	2187,92	19,82	4,29	7,77
2008	A	2486,20	17,71	6,51	5,60
	B	2568,42	19,08	5,25	6,92
	C	2664,66	18,55	3,98	7,29

Dimensões das fibras de *G. angustifolia* (µm)				
Ano	**Comprimento**	**Largura**	**Lume**	**Espessura**
2006	1892,01	17,00	3,31	6,85
2011	1886,76	17,58	7,06	5,26

Ano	**Camada**	**Comprimento**	**Largura**	**Lume**	**Espessura**
2006	A	1713,66	17,06	3,80	6,63
	B	1861,56	16,18	2,52	6,83
	C	2100,81	17,77	3,61	7,08
2011	A	1649,56	15,02	5,31	4,86
	B	1840,73	17,90	7,65	5,13
	C	2170,00	19,83	8,23	5,80

Tabela 5 - Médias das dimensões das fibras dos colmos de *Dendrocalamus asper*, *D. latiflorus* e *Guadua angustifolia*

Médias das dimensões das fibras (µm)				
Espécie	**Comprimento**	**Largura**	**Lume**	**Espessura**
Dendrocalamus asper	2877,24	20,74	6,72	7,01
Dendrocalamus latiflorus	2383,51	19,61	6,14	6,73
Guadua angustifolia	1889,39	17,29	5,19	6,05

4.1.3 Caracterização física dos colmos de bambu: densidade aparente

Os ***perfis de densidade aparente do lenho ao longo da espessura dos colmos*** de *Dendrocalamus asper*, *D. latiflorus* e *Guadua angustifolia*, de mínima e máxima idade e com a delimitação das suas três camadas (interna, A; intermediária, B; externa, C) são apresentados nas Figuras 15, 16 e 17 e os seus valores numéricos nas Tabelas 9, 10 e 11 e Anexo A.

Os perfis de densidade aparente do lenho dos colmos – independente da espécie e idade – apresentam um modelo de variação caracterizado pelo aumento da densidade da sua camada interna para a externa, resultado das taxas de atenuação do feixe colimado dos raios X. O valor da densidade aparente do lenho das três camadas e da média dos colmos das três espécies de bambu mostra relação com a composição anatômica e com as exigências funcionais e mecânicas ao longo da sua espessura.

Para os ***colmos de Dendrocalamus asper*** dos anos de 2002 e 2011, os valores de densidade aparente média, máxima e mínima foram de 0,74-1,03-0,48 e de 0,74-1,01-0,47 g/cm³, respectivamente (Figura 15, Tabela 6). Os demais valores de densidade aparente nas idades intermediárias (2003 a 2010) são apresentados na Tabela 6, indicando para esta espécie densidade básica média, máxima e mínima de 0,74, 1,01 e 0,47, respectivamente. No entanto, quando as três camadas dos colmos são analisadas, obtém-se para as camadas interna (A), intermediária (B) e externa (C) os seguintes valores de densidade média, máxima e mínima: 0,66-0,93-0,42; 0,70-0,98-0,44 e 0,86-1,13-0,53 g/cm³, respectivamente. Os demais valores de densidade aparente das três camadas dos colmos e nos diferentes anos são apresentados na Tabela 6.

Para os ***colmos de Dendrocalamus latiflorus*** dos anos de 2002 e 2008, os valores de densidade aparente média, máxima e mínima foram de 0,71-0,95-0,46 e

0,82-1,09-0,56 g/cm³, respectivamente (Figura 16, Tabela 6). Os demais valores de densidade aparente nas idades intermediárias (2003 a 2007) são apresentados na Tabela 6, indicando para esta espécie densidade básica média, máxima e mínima de 0,76, 1,02 e 0,51, respectivamente. No entanto, quando as três camadas dos colmos são analisadas, obtém-se para as camadas interna (A), intermediária (B) e externa (C) valores de densidade média, máxima e mínima de 0,71-0,96-0,48; 0,71-0,96-0,49 e 0,88-1,15-0,57 g/cm³, respectivamente. Os demais valores de densidade aparente das três camadas dos colmos nos demais anos são apresentados na Tabela 6.

Para os ***colmos de Guadua angustifolia*** dos anos de 2006 e 2011, os valores de densidade aparente média, mínima e máxima foram de 0,79-1,07-0,52 e 0,79-1,07-0,53 g/cm³, respectivamente (Figura 17, Tabela 6). Os demais valores de densidade aparente nas idades intermediárias (2007 a 2010) são apresentados na Tabela 6, indicando para esta espécie densidade básica média, máxima e mínima de 0,82, 1,12 e 0,54, respectivamente. No entanto, quando as três camadas dos colmos são analisadas, obtém-se para as camadas interna (A), intermediária (B) e externa (C) valores de densidade média, máxima e mínima de: 0,79-1,12-0,51; 0,76-1,07-0,52 e 0,91-1,18-0,59 g/cm³, respectivamente. Os demais valores de densidade aparente das três camadas dos colmos nos demais anos são apresentados na Tabela 6.

Essas variações indicam, conforme discutido, que as regiões mais internas dos colmos (de menor densidade) exercem as funções fisiológicas de armazenamento/fluxo de seiva, ao contrário das regiões mais externas (de maior densidade) com função de resistência mecânica e de sustentação dos colmos.

Os ***valores médios da densidade aparente nas diferentes idades*** dos colmos das três espécies de bambu, indicam variações em relação ao ano de sua formação e de crescimento (Tabela 7). Os colmos de *Dendrocalamus asper* formados em 2010 e 2006 apresentaram a densidade aparente mínima e máxima de 0,70 e 0,81 g/cm³; os de *Dendrocalamus latiflorus* de 2002 e 2008 de 0,71 e 0,82 g/cm³; os de *Guadua angustifolia*, de 2007 e 2010 de 0,77 e 0,88 g/cm³, respectivamente. As variações da densidade aparente média dos colmos das três espécies, nas suas diferentes idades devem-se, a exemplo das análises da estrutura anatômica e dimensão das fibras, ser analisadas, conjuntamente, com a espessura do colmo e relacionadas com as condições climáticas (ano anterior e corrente),

formação e desenvolvimento do broto e dos colmos de bambu (vide itens 4.1. e 4.2. Caracterização macroscópica e microscópica dos colmos de bambu). Analisando as 3 espécies de bambu, verifica-se que os colmos de *Guadua angustifolia, Dendrocalamus asper* e D. *latiflorus* apresentaram ***valores de densidade aparente média***, de 0,82, 0,76 e 0,74 g/cm³, respectivamente. As diferenças na densidade aparente dos colmos das três espécies de bambu devem-se, basicamente, às variações da estrutura anatômica, em relação às porcentagens de bainhas de fibras, elementos vasculares e tecidos de parênquima.

A literatura nacional reporta valores de densidade básica de 0,57, 0,63 e 0,62 g/cm3 para colmos de *Bambusa vulgaris* com 1, 3 e 5 anos, respectivamente (AZZINI et al., 1987). Em termos de variação entre espécies, são mencionados valores de 0,49, 0,49, 0,42, 0,42, 0,46 g/cm3 de densidade aparentes de colmos de 3-4 anos de *B. vulgaris vittata, B. tuldoides, B. vulgaris, D. asper* e *G. angustifolia*, respectivamente (BRITO et al., 1987). Para os gêneros *Phyllostachys sp, Gigantochloa sp, Thyrsostachys sp e Ochlandra sp* os valores de densidade básica dos colmos foram de 0,76, 0,67, 0,65 e 0,70 g/cm3, respectivamente (AZZINI et al., 1972); para os colmos de *Dendrocalamus sp, Guadua sp* e *Bambusa vulgaris vittata* os valores de densidade básica dos colmos foram de 0,55-0,68, 0,45-0,65 e de 0,54 g/cm3, respectivamente (CIARAMELLO; AZZINI, 1971a; BARRICHELO; FOELKEL, 1975a, 1975b; AZZINI et al., 1977).

Ainda, na literatura nacional há trabalhos reportando que os valores de densidade básica foram crescentes das camadas internas para as externas dos colmos de espécies de bambu, como os trabalhos de Azzini et al. (1979, 1987) indicando variações de 0,43-0,76 e de 0,69-0,91 g/cm3 e Tomazello Filho e Azzini (1987) obtendo valores de 0,63 a 0,80 g/cm3. Este modelo de variação da densidade foi descrito para todas as alturas dos colmos de bambu. No sentido longitudinal, a literatura menciona que os valores de densidade básica dos colmos foram crescentes da sua base para o ápice, com tendência a se igualarem nas posições terminais como para *Bambusa blumeana* por Basio-Espiloy (1983), com diferentes modelos de variação obtidos para *Phyllostachys edulis* e *P. reticulata* (OTA, 1950) e *Sasa kucylensis* (KAWASE et al., 1980, 1984). Os autores enfatizam que o modelo de variação da densidade básica no sentido transversal é resultado da variação da estrutura anatômica apresentada pelos colmos dos bambus, com nítida diferença estrutural entre as diversas camadas do colmo, quanto às porcentagens

dos diferentes tecidos. Nas camadas mais internas há uma significativa quantidade de tecido parenquimatoso em relação às fibras e tecidos condutores; a porcentagem de parênquima diminui nas camadas mais externas dos colmos, aumentando o teor das fibras. Esse modelo de variação é citado com elevada regularidade na literatura constituindo-se em um padrão para os inúmeros gêneros/espécies de bambu (LEE; CHIN, 1960; LEE et al., 1962; HU; LEE, 1963; YU; CHIANG,1963; CHU; YAO, 1964; GROSSER; LIESE, 1974; CHUNWARIN, 1976; WENYUE; SHIVI; YOUFEN, 1981; PENNA, 1983; KAWASE et al., 1984; KITAMURA, 1962; ZAMUCO; TONGACAN, 1973). Com o aumento do teor de fibras/diminuição do teor de células de parênquima das camadas internas para as externas há, em consequência, um aumento da densidade básica das camadas do colmo. Por outro lado, o aumento da densidade básica dos colmos na direção longitudinal deve-se do aumento da quantidade de fibras da base para o ápice, com uma consequente diminuição do teor de parênquima. Essa significativa variação da estrutura anatômica e da densidade básica entre diferentes camadas afeta as propriedades físico-mecânicas dos colmos e o rendimento industrial para a produção de celulose, além de aumentar o consumo de reagentes. Uma alternativa apresentada recentemente refere-se à produção conjunta de amido (a partir das células do parênquima, das regiões mais internas) e fibras celulósicas (a partir das fibras, das regiões mais externas). Os resultados mostraram um aumento do teor de fibras de 28,3% a 48,8% e uma diminuição do teor de amido de 31,1 a 20,0% das camadas internas para as externas (AZZINI et al., 1987).

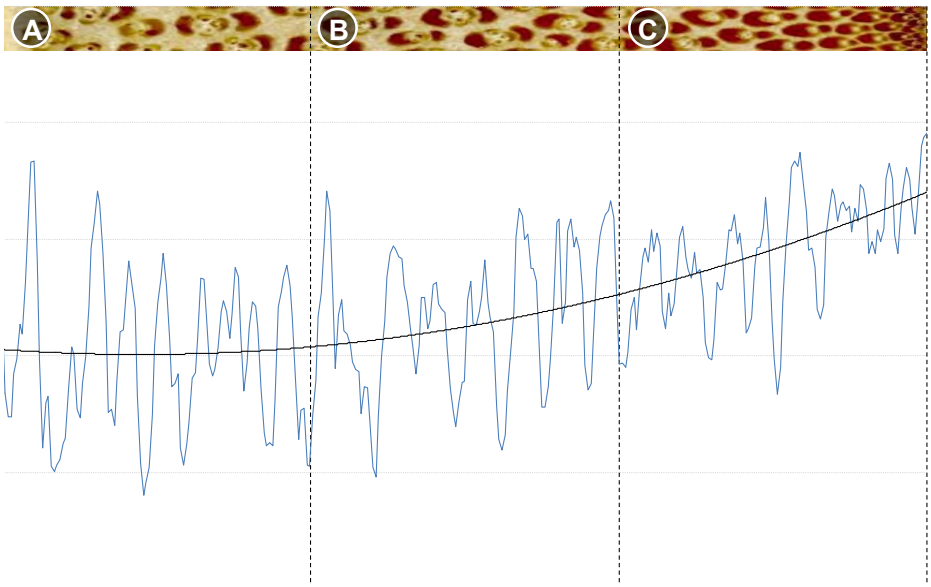
A análise de regressão múltipla para detectar a ***relação da densidade aparente média com a densidade máxima e mínima*** e sua ordem de importância, considerando como repetição o valor médio da camada do colmo de todos anos para as 3 espécies de bambu (Tabela 8). indica que: (i) para os colmos de *Dendrocalamus asper* indica que a densidade máxima, compondo o modelo de regressão, explica 62% da variação total da densidade aparente média, com a densidade máxima responsável por 79,1% da variação (Equação 1); para os colmos de *D. latiflorus*, a variável selecionada para explicar a densidade aparente média foi, da mesma forma, a densidade máxima, compondo o modelo de regressão que explica 83% da variação total da densidade aparente média, com a densidade máxima responsável por 91,3% da variação (Equação 2); para os colmos de *G. angustifolia*, a variável selecionada para explicar a densidade aparente média,

analisada em regressão Stepwise, a 5% de probabilidade, foi a densidade mínima, compondo o modelo de regressão que explica 68% da variação total da densidade aparente média, com a densidade mínima responsável por 82,4% da variação (Equação 3)

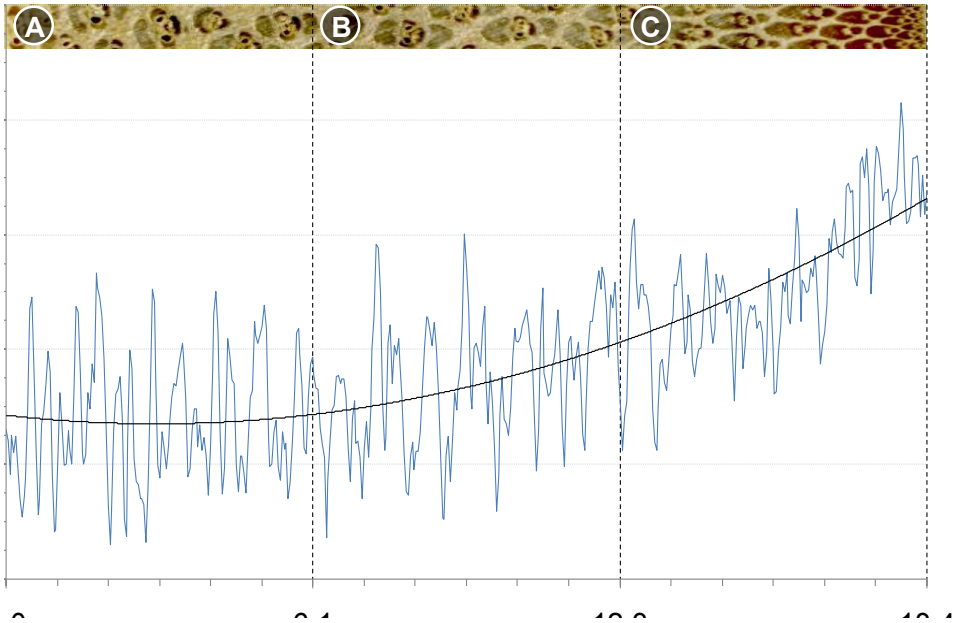
$$Dmédia = 0,124+0,604*Dmáx \quad \text{(Eq. 1)}$$

$$Dmédia = -0,022+0,766*Dmáx \quad \text{(Eq. 2)}$$

$$Dmédia = 0,294+0,978*Dmin \quad \text{(Eq. 3)}$$

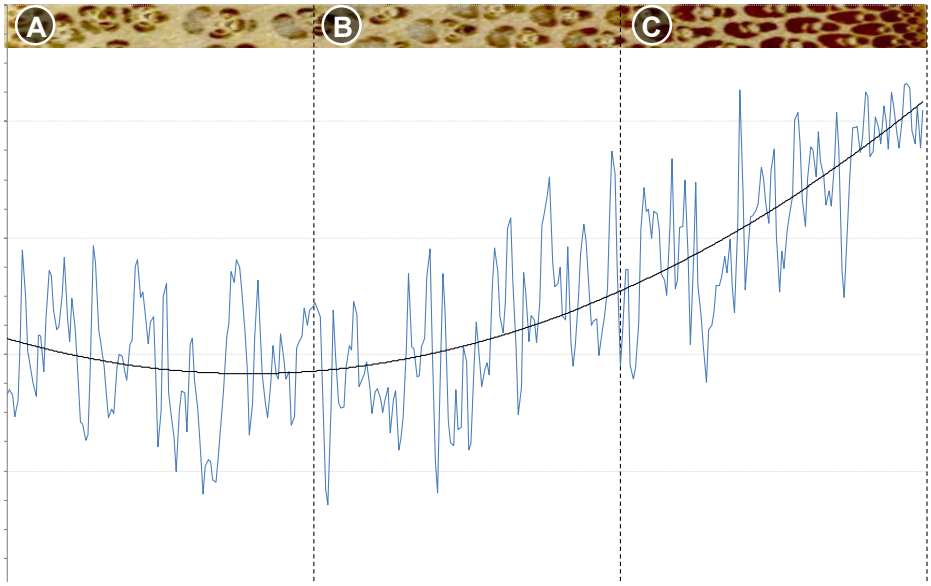


(A)

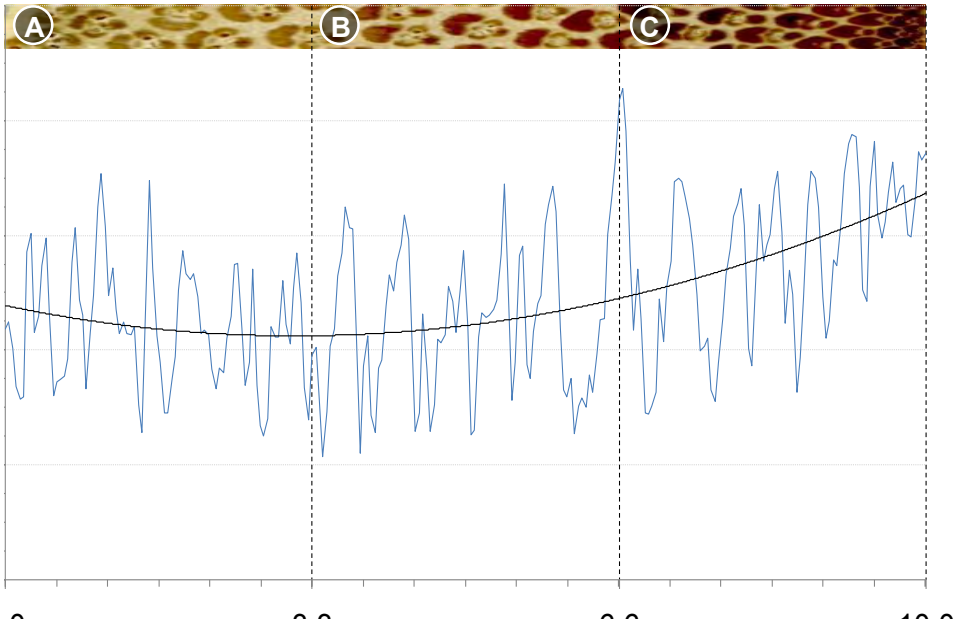


(B)

Figura 15 - Perfil radial da densidade aparente do colmo dos anos de 2002, amostra 3 (A) e 2011, amostra 1 (B), de *Dendrocalamus asper*, subdivididos nas camadas A, B e C

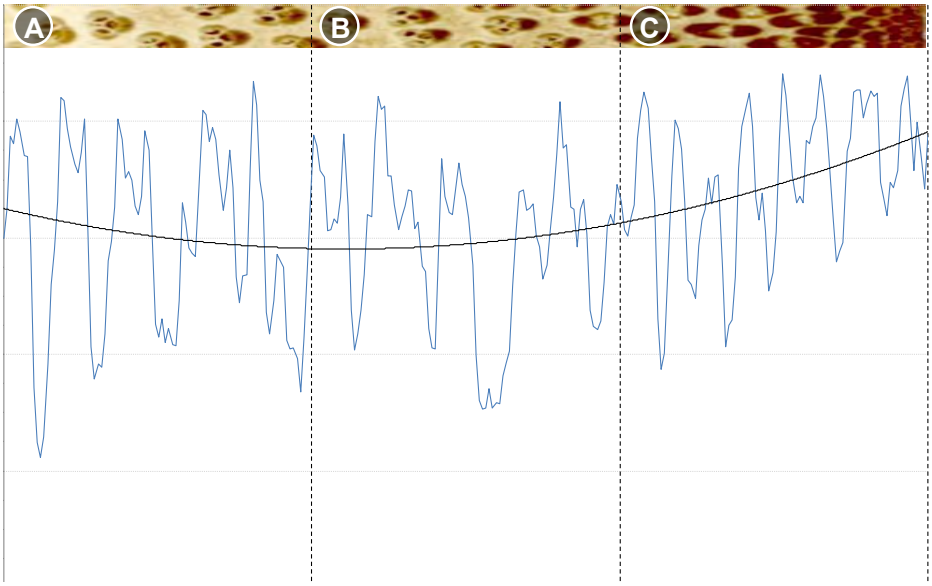


(A)

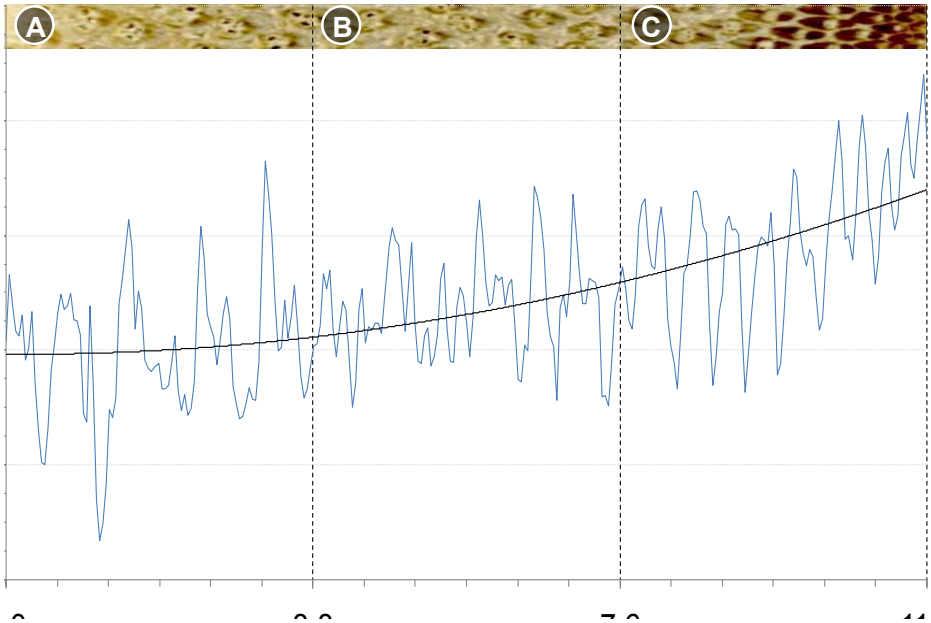


(B)

Figura 16 - Perfis radiais de densidade aparente de colmos dos anos de 2002, amostra 1 (A) e 2008, amostra 1 (B) de *Dendrocalamus latiflorus*, subdivididos nas camadas A, B e C



(A)



(B)

Figura 17 - Perfis radiais de densidade aparente de colmos dos anos de 2006, amostra 3 (A) e 2011, amostra 2 (B), de *Guadua angustifolia,* subdivididos nas camadas A, B e C

Tabela 6 - Espessura, densidade aparente e porcentagem dos elementos anatômicos das 3 camadas dos colmos de bambu *Dendrocalamus asper*, *D. latfiflorus* e de *Guadua angustifolia* de diferentes idades (continua)

Espécie: *Dendrocalamus asper*							
Ano	**Camada**	**Espessura (mm)**	**Densidade aparente (g/cm³)**			**Porcentagem (%)**	
			Média	**Máxima**	**Mínima**	**Fibrosa+ vascular**	**Parenquimática**
2002	A	4,87	0,66	1,03	0,41	29,92	70,08
	B	4,87	0,70	1,02	0,29	40,30	59,70
	C	4,87	0,86	1,21	0,41	56,40	43,60
	MÉDIA	**14,61**	**0,74**	**1,21**	**0,29**	**42,21**	**57,79**
2003	A	5,15	0,61	1,00	0,35	33,23	66,77
	B	5,15	0,68	1,10	0,32	40,40	59,60
	C	5,15	0,87	1,28	0,42	54,62	45,38
	MÉDIA	**15,46**	**0,72**	**1,28**	**0,32**	**42,75**	**57,25**
2004	A	4,91	0,64	1,02	0,39	33,77	66,23
	B	4,91	0,72	1,09	0,39	44,14	55,86
	C	4,91	0,86	1,11	0,51	53,69	46,31
	MÉDIA	**14,73**	**0,74**	**1,11**	**0,39**	**43,87**	**56,13**
2005	A	5,05	0,66	1,03	0,35	33,73	66,27
	B	5,05	0,68	1,06	0,36	41,17	58,83
	C	5,05	0,88	1,18	0,47	53,90	46,10
	MÉDIA	**15,14**	**0,74**	**1,18**	**0,35**	**42,93**	**57,07**
2006	A	5,97	0,63	0,93	0,35	31,60	68,40
	B	5,97	0,65	1,01	0,35	40,34	59,66
	C	5,97	0,81	1,14	0,44	56,26	43,74
	MÉDIA	**17,92**	**0,70**	**1,14**	**0,35**	**42,73**	**57,27**
2007	A	4,08	0,64	1,14	0,36	33,66	66,33
	B	4,08	0,66	1,03	0,38	41,53	58,47
	C	4,08	0,84	1,14	0,50	51,57	48,43
	MÉDIA	**12,23**	**0,71**	**1,14**	**0,36**	**42,25**	**57,75**
2008	A	5,73	0,61	1,01	0,26	35,89	64,11
	B	5,73	0,67	1,03	0,34	43,06	56,94
	C	5,73	0,86	1,13	0,40	60,88	39,12
	MÉDIA	**17,18**	**0,71**	**1,13**	**0,26**	**46,61**	**53,39**
2009	A	5,56	0,70	1,05	0,42	33,21	66,79
	B	5,56	0,74	1,10	0,40	44,30	55,70
	C	5,56	0,88	1,15	0,42	54,48	45,51
	MÉDIA	**16,67**	**0,77**	**1,15**	**0,40**	**44,00**	**56,00**
2010	A	5,02	0,74	1,15	0,41	40,92	59,08
	B	5,02	0,79	1,20	0,44	47,02	52,98
	C	5,02	0,90	1,17	0,55	55,04	44,99
	MÉDIA	**15,07**	**0,81**	**1,20**	**0,41**	**47,66**	**52,35**
2011	A	5,95	0,65	0,93	0,36	34,25	65,75
	B	5,95	0,68	0,99	0,37	40,68	59,32
	C	5,95	0,83	1,18	0,49	58,47	41,53
	MÉDIA	**17,86**	**0,72**	**1,18**	**0,36**	**44,47**	**55,53**
MÉDIA	**A**	**5,23**	**0,66**	**1,03**	**0,36**	**34,02**	**65,98**
	B	**5,23**	**0,70**	**1,06**	**0,36**	**42,29**	**57,71**
	C	**5,23**	**0,86**	**1,17**	**0,46**	**55,53**	**44,47**
	MÉDIA	**15,69**	**0,74**	**1,17**	**0,35**	**43,95**	**56,05**

Tabela 7 - Espessura, densidade aparente e porcentagem dos elementos anatômicos das 3 camadas dos colmos de bambu *Dendrocalamus asper*, *D. latfiflorus* e de *Guadua angustifolia* de diferentes idades (continuação)

Espécie: *Dendrocalamus latiflorus*							
Ano	**Camada**	**Espessura (mm)**	**Densidade aparente (g/cm³)**			**Porcentagem (%)**	
			Média	**Máxima**	**Mínima**	**Fibrosa+ vascular**	**Parenquimática**
2002	A	5,04	0,61	0,84	0,40	35,11	64,89
	B	5,04	0,62	1,00	0,39	38,10	61,90
	C	5,04	0,88	1,16	0,52	51,26	48,74
	MÉDIA	**15,12**	**0,71**	**1,16**	**0,39**	**41,49**	**58,51**
2003	A	4,35	0,69	0,95	0,44	35,58	64,43
	B	4,35	0,71	0,97	0,48	47,75	52,25
	C	4,35	0,89	1,14	0,55	44,08	55,92
	MÉDIA	**13,04**	**0,76**	**1,14**	**0,44**	**42,47**	**57,53**
2004	A	4,70	0,72	1,00	0,44	37,26	62,74
	B	4,70	0,73	1,08	0,45	45,67	54,33
	C	4,70	0,89	1,23	0,50	50,13	49,87
	MÉDIA	**14,11**	**0,78**	**1,23**	**0,44**	**44,35**	**55,65**
2005	A	4,31	0,70	1,06	0,42	39,93	60,08
	B	4,31	0,70	0,97	0,41	53,60	46,40
	C	4,31	0,88	1,20	0,58	50,03	49,98
	MÉDIA	**12,92**	**0,76**	**1,20**	**0,41**	**47,85**	**52,15**
2006	A	4,60	0,73	1,13	0,39	23,84	76,17
	B	4,60	0,68	1,03	0,39	33,48	66,53
	C	4,60	0,88	1,16	0,59	51,32	48,68
	MÉDIA	**13,80**	**0,76**	**1,16**	**0,39**	**36,21**	**63,79**
2007	A	3,67	0,69	0,92	0,47	41,85	58,15
	B	3,67	0,69	0,90	0,50	50,05	49,95
	C	3,67	0,86	1,17	0,51	54,07	45,93
	MÉDIA	**11,00**	**0,75**	**1,17**	**0,47**	**48,66**	**51,34**
2008	A	3,92	0,77	1,11	0,47	40,04	59,96
	B	3,92	0,77	1,11	0,51	40,35	59,65
	C	3,92	0,91	1,19	0,58	48,68	51,35
	MÉDIA	**11,75**	**0,82**	**1,19**	**0,47**	**43,02**	**56,99**
MÉDIA	**A**	**4,37**	**0,70**	**1,00**	**0,43**	**36,23**	**63,77**
	B	**4,37**	**0,70**	**1,01**	**0,45**	**44,14**	**55,86**
	C	**4,37**	**0,89**	**1,18**	**0,55**	**49,94**	**50,07**
	MÉDIA	**13,11**	**0,76**	**1,18**	**0,43**	**43,44**	**56,57**

Tabela 8 - Espessura, densidade aparente e porcentagem dos elementos anatômicos das 3 camadas dos colmos de bambu *Dendrocalamus asper*, *D. latfiflorus* e de *Guadua angustifolia* de diferentes idades (conclusão)

Espécie: *Guadua angustifolia*							
Ano	**Camada**	**Espessura (mm)**	**Densidade aparente (g/cm³)**			**Porcentagem (%)**	
			Média	**Máxima**	**Mínima**	**Fibrosa+ vascular**	**Parenquimática**
2006	A	4,03	0,75	1,17	0,41	25,18	74,82
	B	4,03	0,74	1,14	0,42	25,52	74,48
	C	4,03	0,88	1,18	0,50	47,03	52,97
	MÉDIA	**12,08**	**0,79**	**1,18**	**0,41**	**32,58**	**67,42**
2007	A	4,15	0,72	1,17	0,36	22,20	77,80
	B	4,15	0,70	1,09	0,42	26,83	73,17
	C	4,15	0,89	1,24	0,48	41,50	58,50
	MÉDIA	**12,46**	**0,77**	**1,24**	**0,36**	**30,18**	**69,82**
2008	A	4,21	0,84	1,24	0,48	32,49	67,51
	B	4,21	0,77	1,17	0,48	25,62	74,38
	C	4,21	0,94	1,24	0,56	53,33	46,67
	MÉDIA	**12,63**	**0,85**	**1,24**	**0,48**	**37,14**	**62,85**
2009	A	4,19	0,82	1,27	0,35	28,78	71,22
	B	4,19	0,78	1,29	0,33	28,17	71,83
	C	4,19	0,92	1,19	0,44	49,07	50,95
	MÉDIA	**12,58**	**0,84**	**1,29**	**0,33**	**35,34**	**64,67**
2010	A	4,01	0,87	1,33	0,43	29,26	70,74
	B	4,01	0,82	1,33	0,41	30,20	69,80
	C	4,01	0,96	1,27	0,53	47,66	52,34
	MÉDIA	**12,02**	**0,88**	**1,33**	**0,41**	**35,70**	**64,30**
2011	A	3,22	0,71	1,06	0,37	29,34	70,66
	B	3,22	0,76	1,07	0,45	33,04	66,96
	C	3,22	0,91	1,22	0,52	54,46	45,54
	MÉDIA	**9,67**	**0,79**	**1,22**	**0,37**	**38,95**	**61,05**
MÉDIA	**A**	**3,97**	**0,79**	**1,21**	**0,40**	**27,88**	**72,12**
	B	**3,97**	**0,76**	**1,18**	**0,42**	**28,23**	**71,77**
	C	**3,97**	**0,92**	**1,22**	**0,51**	**48,84**	**51,16**
	MÉDIA	**11,91**	**0,82**	**1,25**	**0,39**	**34,98**	**65,02**

Tabela 9 - Densidade aparente média dos colmos das espécies de bambu nas diferentes idades

Médias dos valores de densidade aparente das três espécies (g/cm³)			
Ano	*D. asper*	*D. latiflorus*	*G. angustifolia*
2002	0,74 **c** (0,15)	0,71 **a** (0,17)	-
2003	0,72 **b** (0,17)	0,77 **b** (0,15)	-
2004	0,74 **c** (0,15)	0,78 **c** (0,14)	-
2005	0,74 **c** (0,17)	0,76 **b** (0,15)	-
2006	0,70 **a** (0,16)	0,76 **b** (0,15)	0,79 **b** (0,16)
2007	0,71 **b** (0,15)	0,75 **b** (0,13)	0,77 **a** (0,18)
2008	0,71 **b** (0,17)	0,82 **d** (0,14)	0,85 **d** (0,16)
2009	0,77 **d** (0,14)	-	0,84 **c** (0,18)
2010	0,81 **e** (0,15)	-	0,88 **e** (0,17)
2011	0,72 **b** (0,14)	-	0,79 **b** (0,15)
MÉDIA	**0,74**	**0,76**	**0,82**

*As letras de **a** até **e** indicam diferença estatística entre médias. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste de Scott Knott ajustado a 5% de significância

Tabela 10 - Análise de regressão múltipla entre a densidade média (variável dependente) e seus componentes densidade máxima (D máx) e mínima (D mín) (variáveis independentes) com base no valor médio por posição radial

D. asper			
Passos	Dmín	Dmáx	R^2
1	50,8	53,5	0,82
2	--	79,1	0,62
D. latiflorus			
Passos	Dmín	Dmáx	R^2
1	39,3	62,9	0,91
2	--	91,3	0,83
G. angustifolia			
Passos	Dmín	Dmáx	R^2
1	55,4*	46,0	0,82
2	82,4	-- **	0,68

*Valores abaixo das variáveis independentes são coeficientes estandarizados (betas) em %, representam a proporção que cada variável contribui para a determinação da variável dependente, explicada pela regressão; ** Indica que a variável independente NS, nível de probabilidade de p<0,05

5 CONCLUSÕES

Os resultados da análise dos colmos de *Dendrocalamus asper*, *D. latiflorus* e *Guadua angustifolia* permitem concluir que:

Em relação à estrutura anatômica macro e microscópica dos colmos: (i) a estrutura anatômica dos colmos de *D. asper* e de *D. latiflorus* mostram similaridades e apresentam diferenças em relação ao *G. angustifolia*, correspondendo às descritas na literatura; (ii) a estrutura anatômica – feixes de fibras, elementos vasculares e tecido parenquimático - apresenta significativa variação ao longo da espessura dos colmos das 3 espécies, com maior contraste nas camadas interna-intermediária (2/3) em relação à externa (1/3 dos colmos); (iii) a variação da estrutura anatômica dos colmos relaciona-se com a sua biomecânica, densidade aparente e com funções fisiológicas; (iv) a estrutura anatômica dos colmos é diferenciada em alguns anos indicando analisar o efeito das variáveis climáticas do ano anterior/corrente, incluindo a espessura da parede, crescimento e desenvolvimento dos colmos; (v) a caracterização da variação anatômica ao longo da parede dos colmos é importante para a sua utilização tecnológicas.

Em relação às dimensões das fibras dos colmos: (i) os colmos jovens comparados aos adultos das 3 espécies de bambu apresentaram diferenças na dimensão das fibras, com aumento ou estabilidade da sua espessura e diminuição do seu comprimento; (ii) os colmos de *D. asper* apresentaram maior comprimento e espessura da parede das fibras; *D. latiflorus* com dimensões médias e *G. angustifolia* com menor comprimento e espessura da parede; (iii) os valores de dimensões das fibras dos colmos das 3 espécies são compatíveis com os da literatura;

Em relação à densidade aparente dos colmos: (i) a variação da densidade aparente é crescente ao longo da espessura dos colmos e relaciona-se com a sua estrutura anatômica; (ii) os perfis de densidade possibilitam a caracterização de 3 camadas distintas dos colmos; (iii) não se encontrou registro na literatura especializada da aplicação da densitometria de raios X na caracterização dos perfis de densidade aparente dos colmos e na relação com a sua estrutura anatômica.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A.C.B.; TOMAZELLO FILHO, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* pela microdensitometria de raios X. **Revista Ciência e Tecnologia**, Piracicaba, v. 6, n. 11, p. 17-23. 1998.

AZZINI, A.; BERALDO, A.L. Determinação de fibras celulósicas e amido em cavacos laminados de três espécies de bambu gigante. **Scientia Forestalis,** Piracicaba, n. 57, p. 45-51, jun.2000.

AZZINI, A.; CIARAMELLO, D. Bambu como matéria-prima para papel. 4 estudos sobre o emprego de 5 espécies de *Bambusa*, na produção de celulose sulfato. **Bragantia**, Campinas, v. 30, n. 23, p. 305-320, 1971.

AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; NAGAI, A. Celulose de bambu. In: CONVENÇÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DA CELULOSE E PAPEL, 5., 1972, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1972. p. 195-201.

_____. Densidade básica e dimensões das fibras em bambus do gênero *Guadua*. **Bragantia**, Campinas, v. 36, p. 1-5, 1977.

AZZINI, A.; NAGAI, V.; CIARAMELLO, D. Celulose monosulfito a partir de *Bambusa vulgaris*. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 14, p. 131-144, 1979.

AZZINI, A.; ARRUDA, M.C.Q.; TOMAZELLO FILHO, M.; SALGADO, A.L.B.; CIARAMELLO, D. Variações dos teores de fibras celulósicas e amido no colmo de bambu. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 1, p. 141-145, 1987.

BAI, X. **Experimental and numerical evaluations of structural bamboo-based composite materials.** 1996. v. 1, 163 p. Thesis (Dissertation in Forest Resources) - Clemson University, Clemson, 1996.

BARRICHELO, L.E.G.; FOELKEL, C.E.B. Produção de celulose sulfato a partir de misturas de madeira de *Eucalyptus saligna* com pequenas proporções de cavacos de *Bambusa vulgaris var. vittata.* **IPEF**, Piracicaba, n. 10, p. 93-99, ago.1975a.

_____. Deslignificação alcalina rápida para produção de celulose química de *Bambusa vulgaris* var. *vittata*. **IPEF**, Piracicaba, n. 11, p. 83-90, out.1975b.

BASIO-ESPILOY, Z. Specific-gravity, silica content and fiber measurements in Kanayan (*Bambusa blumeana* Blume ex Shultes). **NSTA Technology Journal**, s.i. p. 42-74,1983.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Lei Ordinária 12.484 de 2011. **Dispõe sobre a Política Nacional de incentivo ao manejo sustentável e ao cultivo do bambu e dá outras providências.** Brasília, 2011. D.O.U. de 09/09/2011, p.1.

BRITO, J.O.; TOMAZELLO FILHO, M.; SALGADO, A.L.B. Produção e caracterização do carvão vegetal de espécies e variedades de bambu. **IPEF**, Piracicaba, n. 36, p. 13-17, ago. 1987.

CHU, W.F.; YAO, H.S. Studies on the fibre structure of 33 chinese bamboos available for pulp manufacture. **Scientia Silvae**, China, v. 9, n. 4, p. 311-327, 1964.

CHUNWARIN, W. Culm structure and composition of three that bamboos. **Forest Research Bulletin**, Bangkok, n. 47, p. 1-70, Dec. 1976.

CIARAMELLO, D.; AZZINI, A. Bambu como matéria-prima para papel. 5. Estudos sobre o emprego de quatro espécies de *Dendrocalamus,* na produção de celulose sulfato. **Bragantia**, Campinas, v. 30, n. 24, p. 321-336, 1971a.

_____. Bambu como matéria-prima para a produção de papel. Estudos sobre o emprego de *Bambusa vulgaris, Bambusa vulgaris var. vittata e Bambusa oldhami* na produção de celulose sulfato. **O Papel**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 33-40, 1971b.

EMBRAPA. **Banco de dados climáticos do Brasil.** Disponível em: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/>. Acesso em: 15 nov. 2013.

FILGUEIRAS, T.S.; GONÇALVES, A.P.S. A checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil. **Journal of the American Bamboo Society,** Encinitas, v. 18, n. 1, p. 7-18, 2004.

FRANKLIN, G.L. Permanent preparations of macerated wood fibers. **Tropical Woods,** Yale, n. 49, p. 21-22, 1937.

GHAVAMI, K.; RODRIGUES, C.S.; PACIORNIK, S. Bamboo: functionally graded composite material. **Asian Journal of Civil Engineering**, Tehran, v. 4, n. 1, p. 1-10, 2003.

GROSSER, D.; LIESE, W. On the anatomy of Asian bamboos with special reference to their vascular bundles. **Wood Science and Technology,** Berlin, v. 5, n. 4, p. 290-312, 1971.

_____. The distribution of vascular bundles and walls types within the culm of various bamboo species**. Holz als Roh-und Werkstoff**, Berlin, v. 32, n. 12, p. 473-482, 1974.

GROSSER, D.; ZAMUCO, G.I. Anatomy of some bamboo species in the Philippines. **The Philippine Journal of Science**, Manila, v. 100, n. 1, p. 57-72, 1971.

HU, Y.S.; LEE, C.L. Comparative anatomy of the culm and fibers of *Phragmites communis* and *Miscanthus sinensis.* **Acta Botanica Sinica**, China, v. 11, n. 3, p. 252-260, 1963.

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic feature for softwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 25, n. 1, p. 219-332, 2004.

INTERNATIONAL NETWORK OF BAMBOO AND RATTAN. Disponível em: <http://www.inbar.int/>. Acesso em: 16 nov. 2012.

_____. **Priority species of bamboo and rattan.** New Delhi: INBAR – IDRC, 1994. 68 p. Disponível em: <http://www.inbar.int/>. Acesso em: 20 nov. 2012.

ISHIDA, D.A. **Caracterização e gênese de solos e de depósito de caulim em São Gabriel, AM.** 2010. 170 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2010.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique.** Nova York: McGraw Hill, 1940. 523 p.

JUDZIEWICZ, E.J.; CLARK, L.G.; LONDOÑO, X.; STERN, M.J. **American bamboos**. Washington: Smithsonian Institution Press, 1999. 392 p.

KAWASE, K.; SATO, K.; IMAGAWA, H.; UJIIE, M. Studies on utilization of *Sasa* bamboos as forest resources.4. pulping young culms and histological change of cell structure of the culms in growing process. **Research Bulletins of College Experiment Forests**, Sapporo, v. 43, n. 1, p. 74-96, 1980.

KAWASE, K.; IMAGAWA, H.; UJIIE, M. Studies on utilization of *Sasa* bamboos as forest resources. **Research Bulletins of College Experiment Forests**, Sapporo, v. 41, n. 2, p. 494-532, 1984.

KITAMURA, H. Studies in the physical properties of bamboo. 9. on the fiber content. **Mokuzai Gakkdisshi**, Tokyo, v. 20, p. 249-252, 1962.

LEE, C.L.; CHIN, T.C. Anatomical studies of some Chinese bamboos. **Acta Botânica Sinica**, China, v. 9, n. 1, p. 76-95, Mar. 1960.

LEE, C.L.; CHIN, T.C.; YAO, X.S. Further anatomical studies of some Chinese bamboos. **Acta Botanica Sinica**, China, v. 10, n. 1, p. 15-27, Mar. 1962.

LIESE, W. Anatomy of bamboo. In: **Bamboo research in Asia**. Ottawa, 1980. p. 161-164.

_____. The structure of bamboo in relation to its properties and utilization. Proceedings of the International Symposium on Industrial Use Of Bamboo, Beijing, China, 1992. p. 96-100.

_____. **The anatomy of bamboo culms.** Beijing: International Network for Bamboo and Rattan, 1998. 208 p. (Technical Report, 18).

LIESE, W.; GROSSER, D. On the variability of fiber length in bamboo. **Holzforschung**, Berlin, v. 26, n. 6, p. 202-211, Dec. 1972.

_____. An expanded typology for the vascular bundles of bamboo culms. Procceedings of International Symposium on Bamboo 2000, Chiang Mai, Thailand, 200. p. 121-134.

MARINHO, N.P. **Características das fibras do bambu (*D. asper*) e potencial de aplicação em painéis MDF.** Curitiba, 2012. Dissertação de Mestrado.

MARTINS, R.; GUERREIRO, L. **Resposta técnica.** Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. 2006. Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br>. Acesso em: 15 fev. 2012.

MCCLURE, F.A. **The bamboos:** a fresh perspective. Cambridge: Harvard University Press, 1966. 362 p.

_____. Genera of bamboos native to the new world (Gramineae: Bambusoideae). **Smithsonian Contributions to Botany,** Washington DC, v. 9, p. 1-148, 1973.

MEDINA, J.C.; CIARAMELLO, D. Dimensões das fibras em bambusáceas. **Bragantia**, Campinas, v. 21, n. 29, p. 485-498, maio 1962.

METCALFE, C.R. 1. Gramíneae - Bamboos. In: _____. **Anatomy of monocotyledons**. Oxford: Oxford University Press, 1960. p. 578-85.

MONTALVÃO FILHO, A.; GOMIDE, J.L.; CONDÉ, A.R. Variabilidade da constituição química e das características dimensionais das fibras do *Bambusa vulgaris*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 12-27, 1984.

MONTOYA, A.; OROZCO H. **Fundamentos prácticos del secado de la guadua bambú.** Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2006. 150 p.

NOGUEIRA, C.L. **Painel de bamboo laminado colado estrutural.** 2008. 86 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

NUNES, A.R.S. **Construindo com a natureza bambu:** uma alternativa de eco desenvolvimento. 2005. v. 1, 142 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – Espírito Santo, 2005.

OLIVEIRA, A.L.M.; SOUZA, C.C.; BOEHME, P.; SAMOHYL, R.W. Normalização de distribuição não-normais através da transformação de Box-Cox e comentários sobre a avaliação de qualidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., 1997, cidade. **Anais...** Gramado-RS, 1997. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T4416.PDF>. Acesso em 15 mar. 2013.

PEREIRA. M.A.R. **Projeto Bambu:** introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações. 2012. 200 p. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2012.

PEREIRA, M.A.R.; BERALDO, A.L. **Bambu de corpo e alma.** Bauru: Ed. Canal 6, 2007. 240 p.

SASS, J.E. **Botanical microtechnique.** 3rd ed. Ames: Iowa State Press, 1951. 228 p.

SCHUMANN, K.; LAUTERBACH, K. **Die Flora der Deutschen Schutzgebiete in ser Südsee.** Leipzig: Gebrüder Borntraeger, 1901. Disponível em:

<http://www.biodiversitylibrary.org/item/14439#page/2/mode/1up>. Acesso em: 16 mai. 2013.

SILVA, R.M.C. **O bambu no Brasil e no mundo.** Senador Canedo: EMBAMBU, 2005. 45 p. Disponível em: <http://www.embambu.com.br/imagens/bambu_brasil_mundo.pdf>. Acesso em 15 jan. 2012.

SILVA FILHO, D.F.; GIRÃO, R.J. **"Passo a passo" para obtenção da projeção de copas de árvores da cidade:** programa MultiSpec. Piracicaba, 2009. 104 p.

TOMAZELLO FILHO, M.; AZZINI, A. Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. **IPEF,** Piracicaba, n. 36, p. 43-50, ago.1987.

_____. Variação e estrutura dos colmos de bambu (*Bambusa vulgaris*). **O Papel**, São Paulo, v. 69, p. 155-161, 1988.

TOMAZELLO FILHO, M.; BRAZOLIN, S.; CHAGAS, M.P.; OLIVEIRA, J.T.S.; BALLARIN, A.W.; BENJAMIN, C.A. Application of x-ray technique in nondestructive evaluation of eucalypt wood. **Maderas: Ciencia y Tecnología,** Concepción, v. 10, n. 2, p. 139-149, 2008.

TOMBOLATO, A.F.C. **Filiação do Brasil ao INBAR como apoio ao desenvolvimento da cadeia produtiva do bambu.** Campinas, 2012. 5 p.

WONG, K. M. **The bamboos of Peninsular Malaysia.** Kuala Lumpur: Forest Research Institute Malaysia, 1995. 200 p. (Malayan Forest Records, 41).

ANEXOS

ANEXO A - Espessura, densidade aparente, porcentagem de área fibrosa + vascular e parenquimática das amostras dos colmos das três espécies nas diferentes camadas e anos

Tabela 11 - Valores originais e médias/totais de espessura, densidade (med, max e min), porcentagens (fibrosa+vascular e parenquimática) das amostras dos colmos de *D. asper* (continua)

Espécie: *Dendrocalamus asper*								
Ano	**Amostra**	**Camada do colmo**	**Espessura (mm)**	**Densidade (g/cm³)**			**Porcentagem (%)**	
				Média	**Máxima**	**Mínima**	**Fibrosa + vascular**	**Parenquimática**
2002	1	A	5,63	0,68	1,00	0,45	35,85	64,15
		B	5,63	0,66	1,00	0,38	42,54	57,46
		C	5,63	0,84	1,21	0,53	60,65	39,35
		Total/Média	**16,88**	**0,73**	**1,21**	**0,38**	**46,35**	**53,65**
	2	A	5,31	0,62	0,83	0,43	28,15	71,85
		B	5,31	0,62	0,98	0,29	37,40	62,60
		C	5,31	0,82	1,03	0,41	57,24	42,76
		Total/Média	**15,92**	**0,68**	**1,03**	**0,29**	**40,93**	**59,07**
	3	A	4,29	0,70	1,03	0,46	33,64	66,36
		B	4,29	0,76	0,98	0,49	41,36	58,64
		C	4,29	0,88	1,08	0,63	52,38	47,62
		Total/Média	**12,88**	**0,78**	**1,08**	**0,46**	**42,46**	**57,54**
	3R	A	4,35	0,72	1,02	0,49	32,00	68,00
		B	4,35	0,74	0,97	0,50	43,70	56,30
		C	4,35	0,89	1,08	0,65	56,44	43,56
		Total/Média	**13,04**	**0,78**	**1,08**	**0,49**	**44,05**	**55,95**
	4	A	4,56	0,65	0,96	0,41	31,00	69,00
		B	4,56	0,70	0,92	0,43	36,20	63,80
		C	4,56	0,88	1,07	0,56	42,78	57,22
		Total/Média	**13,68**	**0,74**	**0,92**	**0,41**	**36,66**	**63,34**
	5	A	4,92	0,66	0,93	0,45	28,80	71,20
		B	4,92	0,70	1,02	0,49	44,80	55,20
		C	4,92	0,87	1,10	0,59	65,84	34,17
		Total/Média	**14,76**	**0,74**	**1,10**	**0,45**	**46,48**	**53,52**
	5R	A	5,04	0,61	0,82	0,45	20,00	80,00
		B	5,04	0,68	0,91	0,47	36,10	63,90
		C	5,04	0,84	1,06	0,57	59,46	40,54
		Total/Média	**15,12**	**0,71**	**1,06**	**0,45**	**38,52**	**61,48**
	Média	A	4,87	**0,66**	**1,03**	**0,41**	**29,92**	**70,08**
		B	4,87	**0,70**	**1,02**	**0,29**	**40,30**	**59,70**
		C	4,87	**0,86**	**1,21**	**0,41**	**56,40**	**43,60**
		Total/Média	**14,61**	**0,74**	**1,21**	**0,29**	**42,21**	**57,79**
2003	1	A	4,32	0,63	0,99	0,36	27,94	72,06
		B	4,32	0,73	1,10	0,41	41,38	58,62
		C	4,32	0,88	1,09	0,55	60,58	39,42
		Total/Média	**12,96**	**0,75**	**1,10**	**0,36**	**43,30**	**56,70**
	2	A	4,64	0,62	1,00	0,36	32,10	67,90
		B	4,64	0,70	1,03	0,39	40,90	59,10
		C	4,64	0,92	1,12	0,64	55,27	44,73
		Total/Média	**13,92**	**0,74**	**1,12**	**0,36**	**42,76**	**57,24**
	3	A	5,29	0,57	0,85	0,35	33,70	66,30
		B	5,29	0,67	1,09	0,32	38,60	61,40
		C	5,29	0,87	1,28	0,47	53,03	46,97
		Total/Média	**15,88**	**0,70**	**1,28**	**0,32**	**41,78**	**58,22**
	4	A	6,17	0,67	0,89	0,45	43,70	56,30
		B	6,17	0,66	0,96	0,38	39,90	60,10
		C	6,17	0,80	1,08	0,42	49,23	50,77
		Total/Média	**18,52**	**0,71**	**1,08**	**0,38**	**44,28**	**55,72**
	5	A	5,33	0,58	0,85	0,37	28,70	71,30
		B	5,33	0,66	1,01	0,37	41,20	58,80
		C	5,33	0,87	1,08	0,53	55,01	44,99
		Total/Média	**16,00**	**0,70**	**1,08**	**0,37**	**41,64**	**58,36**
	Média	A	5,15	**0,61**	**1,00**	**0,35**	**33,23**	**66,77**
		B	5,15	**0,68**	**1,10**	**0,32**	**40,40**	**59,60**
		C	5,15	**0,87**	**1,28**	**0,42**	**54,62**	**45,38**
		Total/Média	**15,46**	**0,72**	**1,28**	**0,32**	**42,75**	**57,25**

Tabela 11 - Valores originais e médias/totais de espessura, densidade (med, max e min), porcentagens (fibrosa+vascular e parenquimática) das amostras dos colmos de *D. asper* (continuação)

Continuação *D. asper*

Ano	Amostra	Camada do colmo	Espessura (mm)	Densidade (g/cm³)			Porcentagem (%)	
				Média	Máxima	Mínima	Fibrosa + vascular	Parenquimática
2004	1	A	4,83	0,67	1,02	0,39	32,70	67,30
		B	4,83	0,75	1,09	0,44	41,60	58,40
		C	4,83	0,89	1,11	0,60	51,02	48,98
		Total/Média	**14,48**	**0,77**	**1,11**	**0,39**	**41,77**	**58,23**
	2	A	4,55	0,63	0,97	0,46	31,80	68,20
		B	4,55	0,75	1,00	0,49	46,70	53,30
		C	4,55	0,92	1,08	0,66	57,93	42,07
		Total/Média	**13,64**	**0,77**	**1,08**	**0,46**	**45,48**	**54,52**
	3	A	4,88	0,61	0,82	0,41	35,00	65,00
		B	4,88	0,70	0,90	0,55	45,00	55,00
		C	4,88	0,86	1,09	0,53	61,86	38,14
		Total/Média	**14,64**	**0,72**	**1,09**	**0,41**	**47,29**	**52,71**
	4	A	5,41	0,59	0,77	0,44	31,82	68,18
		B	5,41	0,69	0,94	0,46	41,40	58,60
		C	5,41	0,86	1,10	0,58	56,80	43,20
		Total/Média	**16,24**	**0,71**	**1,10**	**0,44**	**43,34**	**56,66**
	4R	A	4,25	0,67	0,87	0,43	38,03	61,97
		B	4,25	0,69	1,08	0,46	40,82	59,18
		C	4,25	0,85	1,07	0,52	48,95	51,05
		Total/Média	**12,76**	**0,74**	**1,08**	**0,43**	**42,60**	**57,40**
	5	A	5,53	0,67	0,98	0,43	33,30	66,70
		B	5,53	0,71	1,03	0,39	49,30	50,70
		C	5,53	0,90	1,11	0,51	45,57	54,43
		Total/Média	**16,60**	**0,76**	**1,11**	**0,39**	**42,72**	**57,28**
	Média	A	4,91	**0,64**	**1,02**	**0,39**	**33,77**	**66,23**
		B	4,91	**0,72**	**1,09**	**0,39**	**44,14**	**55,86**
		C	4,91	**0,88**	**1,11**	**0,51**	**53,69**	**46,31**
		Total/Média	**14,73**	**0,74**	**1,11**	**0,39**	**43,87**	**56,13**
2005	1	A	4,69	0,59	0,84	0,35	30,30	69,70
		B	4,69	0,66	1,03	0,36	43,40	56,60
		C	4,69	0,84	1,10	0,51	56,42	43,58
		Total/Média	**14,08**	**0,70**	**1,10**	**0,35**	**43,37**	**56,63**
	2	A	5,01	0,77	0,99	0,49	41,20	58,80
		B	5,01	0,74	1,06	0,47	45,80	54,20
		C	5,01	0,90	1,13	0,53	56,80	43,20
		Total/Média	**15,04**	**0,80**	**1,13**	**0,47**	**47,93**	**52,07**
	2R	A	5,23	0,73	1,03	0,52	30,10	69,90
		B	5,23	0,74	0,98	0,47	47,50	52,50
		C	5,23	0,91	1,12	0,50	58,30	41,70
		Total/Média	**15,68**	**0,79**	**1,12**	**0,47**	**45,30**	**54,70**
	3	A	4,75	0,59	0,87	0,35	31,06	68,94
		B	4,75	0,68	0,98	0,41	42,90	57,10
		C	4,75	0,88	1,14	0,47	52,40	47,60
		Total/Média	**14,24**	**0,72**	**1,14**	**0,35**	**42,12**	**57,88**
	4	A	4,65	0,61	0,74	0,49	36,84	63,16
		B	4,65	0,60	0,73	0,47	22,70	77,30
		C	4,65	0,85	1,12	0,61	47,50	52,50
		Total/Média	**13,96**	**0,69**	**1,12**	**0,47**	**35,68**	**64,32**
	5	A	5,95	0,68	0,95	0,39	32,89	67,11
		B	5,95	0,69	0,96	0,42	44,70	55,30
		C	5,95	0,88	1,18	0,54	52,00	48,00
		Total/Média	**17,84**	**0,75**	**1,18**	**0,39**	**43,20**	**56,80**
	Média	A	5,05	**0,66**	**1,03**	**0,35**	**33,73**	**66,27**
		B	5,05	**0,68**	**1,06**	**0,36**	**41,17**	**58,83**
		C	5,05	**0,88**	**1,18**	**0,47**	**53,90**	**46,10**
		Total/Média	**15,14**	**0,74**	**1,18**	**0,35**	**42,93**	**57,07**

Tabela 11 - Valores originais e médias/totais de espessura, densidade (med, max e min), porcentagens (fibrosa+vascular e parenquimática) das amostras dos colmos de *D. asper* (continuação)

Continuação *D. asper*

Ano	Amostra	Camada do colmo	Espessura (mm)	Densidade (g/cm³)			Porcentagem (%)	
				Média	Máxima	Mínima	Fibrosa + vascular	Parenquimática
2006	1	A	4,59	0,67	0,87	0,50	24,27	75,73
		B	4,59	0,67	0,99	0,48	29,40	70,60
		C	4,59	0,82	1,07	0,51	50,81	49,19
		Total/Média	**13,76**	**0,72**	**1,07**	**0,48**	**34,83**	**65,17**
	2	A	6,36	0,59	0,88	0,35	33,74	66,26
		B	6,36	0,60	0,85	0,35	42,30	57,70
		C	6,36	0,79	1,10	0,48	55,24	44,76
		Total/Média	**19,08**	**0,66**	**1,10**	**0,35**	**43,76**	**56,24**
	3	A	6,08	0,61	0,88	0,35	32,86	67,14
		B	6,08	0,65	0,90	0,40	41,30	58,70
		C	6,08	0,82	1,14	0,45	61,59	38,41
		Total/Média	**18,24**	**0,69**	**1,14**	**0,35**	**45,25**	**54,75**
	4	A	7,23	0,61	0,93	0,37	30,51	69,49
		B	7,23	0,63	0,91	0,38	44,50	55,50
		C	7,23	0,81	1,14	0,44	56,96	43,04
		Total/Média	**21,68**	**0,68**	**1,14**	**0,37**	**43,99**	**56,01**
	5	A	5,61	0,67	0,93	0,44	36,62	63,38
		B	5,61	0,69	1,01	0,42	44,20	55,80
		C	5,61	0,83	1,09	0,45	56,70	43,30
		Total/Média	**16,84**	**0,73**	**1,09**	**0,42**	**45,84**	**54,16**
	Média	A	5,97	**0,63**	**0,93**	**0,35**	**31,60**	**68,40**
		B	5,97	**0,65**	**1,01**	**0,35**	**40,34**	**59,66**
		C	5,97	**0,81**	**1,14**	**0,44**	**56,26**	**43,74**
		Total/Média	**17,92**	**0,70**	**1,14**	**0,35**	**42,73**	**57,27**
2007	1	A	3,84	0,68	0,92	0,50	24,90	75,10
		B	3,84	0,72	1,03	0,52	36,90	63,10
		C	3,84	0,90	1,13	0,61	48,90	51,10
		Total/Média	**11,52**	**0,77**	**1,13**	**0,50**	**36,90**	**63,10**
	1R	A	5,03	0,56	0,78	0,36	42,40	57,60
		B	5,03	0,58	0,83	0,38	37,40	62,60
		C	5,03	0,79	1,10	0,50	51,27	48,73
		Total/Média	**15,08**	**0,64**	**1,10**	**0,36**	**43,69**	**56,31**
	2	A	4,47	0,63	0,85	0,45	30,92	69,08
		B	4,47	0,69	0,86	0,43	41,30	58,70
		C	4,47	0,85	1,09	0,53	47,80	52,20
		Total/Média	**13,40**	**0,72**	**1,09**	**0,43**	**40,01**	**59,99**
	2R	A	3,04	0,76	1,14	0,45	49,08	50,92
		B	3,04	0,73	0,96	0,54	49,08	50,92
		C	3,04	0,88	1,14	0,58	57,34	42,66
		Total/Média	**9,12**	**0,79**	**1,14**	**0,45**	**51,84**	**48,16**
	3	A	3,85	0,61	0,84	0,48	19,80	80,20
		B	3,85	0,59	0,73	0,45	40,80	59,20
		C	3,85	0,81	1,07	0,58	55,29	44,71
		Total/Média	**11,56**	**0,67**	**1,07**	**0,45**	**38,63**	**61,37**
	4	A	4,24	0,64	0,91	0,45	41,38	58,62
		B	4,24	0,68	0,91	0,46	46,10	53,90
		C	4,24	0,82	1,02	0,50	52,34	47,66
		Total/Média	**12,72**	**0,71**	**1,02**	**0,45**	**46,61**	**53,39**
	5	A	4,04	0,59	0,79	0,44	27,17	72,83
		B	4,04	0,58	0,73	0,48	39,10	60,90
		C	4,04	0,84	1,09	0,59	48,05	51,95
		Total/Média	**12,12**	**0,67**	**1,09**	**0,44**	**38,11**	**61,89**
	Média	A	4,08	**0,64**	**1,14**	**0,36**	**33,66**	**66,33**
		B	4,08	**0,65**	**1,03**	**0,38**	**41,53**	**58,47**
		C	4,08	**0,84**	**1,14**	**0,50**	**51,57**	**48,43**
		Total/Média	**12,23**	**0,71**	**1,14**	**0,36**	**42,25**	**57,75**

Tabela 11 - Valores originais e médias/totais de espessura, densidade (med, max e min), porcentagens (fibrosa+vascular e parenquimática) das amostras dos colmos de *D. asper* (continuação)

Continuação *D. asper*

Ano	Amostra	Camada do colmo	Espessura (mm)	Densidade (g/cm³)			Porcentagem (%)	
				Média	Máxima	Mínima	Fibrosa + vascular	Parenquimática
2008	1	A	4,91	0,56	0,83	0,26	37,00	63,00
		B	4,91	0,63	0,97	0,38	43,90	56,10
		C	4,91	0,84	1,02	0,54	58,99	41,01
		Total/Média	**14,72**	**0,68**	**1,02**	**0,26**	**46,63**	**53,37**
	2	A	5,53	0,57	0,88	0,32	32,20	67,80
		B	5,53	0,67	1,03	0,34	43,40	56,60
		C	5,53	0,92	1,13	0,55	62,31	37,69
		Total/Média	**16,60**	**0,72**	**1,13**	**0,32**	**45,97**	**54,03**
	3	A	6,04	0,64	1,01	0,42	35,17	64,83
		B	6,04	0,68	0,90	0,42	43,70	56,30
		C	6,04	0,87	1,09	0,53	59,42	40,58
		Total/Média	**18,12**	**0,73**	**1,09**	**0,42**	**46,10**	**53,90**
	4	A	6,03	0,61	0,87	0,37	35,00	65,00
		B	6,03	0,68	0,94	0,40	35,90	64,10
		C	6,03	0,82	1,09	0,40	68,94	31,06
		Total/Média	**18,08**	**0,70**	**1,09**	**0,37**	**46,61**	**53,39**
	5	A	6,12	0,66	0,90	0,42	40,10	59,90
		B	6,12	0,70	0,87	0,43	48,40	51,60
		C	6,12	0,85	1,09	0,42	54,74	45,26
		Total/Média	**18,36**	**0,74**	**1,09**	**0,42**	**47,75**	**52,25**
	Média	A	5,73	**0,61**	**1,01**	**0,26**	**35,89**	**64,11**
		B	5,73	**0,67**	**1,03**	**0,34**	**43,06**	**56,94**
		C	5,73	**0,86**	**1,13**	**0,40**	**60,88**	**39,12**
		Total/Média	**17,18**	**0,71**	**1,13**	**0,26**	**46,61**	**53,39**
2009	1	A	5,49	0,66	0,93	0,42	36,43	63,57
		B	5,49	0,70	1,03	0,40	49,90	50,10
		C	5,49	0,87	1,14	0,46	41,82	58,17
		Total/Média	**16,48**	**0,74**	**1,14**	**0,40**	**42,72**	**57,28**
	2	A	5,35	0,74	1,05	0,53	31,90	68,10
		B	5,35	0,78	1,10	0,50	42,70	57,30
		C	5,35	0,92	1,14	0,67	62,90	37,10
		Total/Média	**16,04**	**0,81**	**1,14**	**0,50**	**45,83**	**54,17**
	3	A	6,39	0,67	0,91	0,45	35,10	64,90
		B	6,39	0,75	1,01	0,52	43,10	56,90
		C	6,39	0,84	1,05	0,55	52,90	47,10
		Total/Média	**19,16**	**0,75**	**1,05**	**0,45**	**43,70**	**56,30**
	4	A	4,53	0,69	0,94	0,44	29,34	70,66
		B	4,53	0,67	0,86	0,55	37,00	63,00
		C	4,53	0,88	1,15	0,64	61,90	38,10
		Total/Média	**13,60**	**0,75**	**1,15**	**0,44**	**42,75**	**57,25**
	5	A	6,03	0,76	1,04	0,54	33,30	66,70
		B	6,03	0,79	1,10	0,49	48,80	51,20
		C	6,03	0,87	1,11	0,42	52,90	47,10
		Total/Média	**18,08**	**0,81**	**1,11**	**0,42**	**45,00**	**55,00**
	Média	A	5,56	**0,70**	**1,05**	**0,42**	**33,21**	**66,79**
		B	5,56	**0,74**	**1,10**	**0,40**	**44,30**	**55,70**
		C	5,56	**0,88**	**1,15**	**0,42**	**54,48**	**45,51**
		Total/Média	**16,67**	**0,77**	**1,15**	**0,40**	**44,00**	**56,00**

Tabela 11 - Valores originais e médias/totais de espessura, densidade (med, max e min), porcentagens (fibrosa+vascular e parenquimática) das amostras dos colmos de *D. asper* (conclusão)

Continuação *D. asper*

Ano	Amostra	Camada do colmo	Espessura (mm)	Densidade (g/cm³)			Porcentagem (%)	
				Média	Máxima	Mínima	Fibrosa + vascular	Parenquimática
2010	1	A	3,56	0,65	0,97	0,42	43,60	56,40
		B	3,56	0,69	0,94	0,44	47,40	52,60
		C	3,56	0,88	1,11	0,63	58,46	41,54
		Total/Média	**10,68**	**0,74**	**1,11**	**0,42**	**49,82**	**50,18**
	2	A	5,76	0,78	1,11	0,44	34,11	65,89
		B	5,76	0,84	1,10	0,55	44,60	55,40
		C	5,76	0,93	1,13	0,68	53,10	46,90
		Total/Média	**17,28**	**0,85**	**1,13**	**0,44**	**43,94**	**56,06**
	3	A	5,01	0,75	1,12	0,45	34,94	65,06
		B	5,01	0,80	1,02	0,59	51,40	48,60
		C	5,01	0,92	1,14	0,63	62,50	37,50
		Total/Média	**15,04**	**0,82**	**1,14**	**0,45**	**49,61**	**50,39**
	3R	A	4,95	0,82	1,15	0,57	44,20	55,80
		B	4,95	0,84	1,20	0,64	46,70	53,30
		C	4,95	0,93	1,17	0,56	44,67	55,43
		Total/Média	**14,84**	**0,86**	**1,20**	**0,56**	**45,19**	**54,84**
	4	A	4,71	0,74	0,97	0,51	49,10	50,90
		B	4,71	0,79	1,01	0,55	46,00	54,00
		C	4,71	0,88	1,09	0,60	56,13	43,97
		Total/Média	**14,12**	**0,80**	**1,09**	**0,51**	**50,41**	**49,62**
	5	A	6,16	0,71	1,15	0,41	39,59	60,42
		B	6,16	0,75	1,06	0,47	46,00	54,00
		C	6,16	0,86	1,15	0,55	55,40	44,60
		Total/Média	**18,48**	**0,77**	**1,15**	**0,41**	**47,00**	**53,01**
	Média	A	5,02	**0,74**	**1,15**	**0,41**	**40,92**	**59,08**
		B	5,02	**0,79**	**1,20**	**0,44**	**47,02**	**52,98**
		C	5,02	**0,90**	**1,17**	**0,55**	**55,04**	**44,99**
		Total/Média	**15,07**	**0,81**	**1,20**	**0,41**	**47,66**	**52,35**
2011	1	A	6,13	0,58	0,83	0,36	33,97	66,03
		B	6,13	0,64	0,90	0,37	41,80	58,20
		C	6,13	0,82	1,13	0,52	49,03	50,97
		Total/Média	**18,40**	**0,68**	**1,13**	**0,36**	**41,60**	**58,40**
	2	A	5,60	0,74	0,89	0,45	33,42	66,58
		B	5,60	0,74	0,94	0,49	35,00	65,00
		C	5,60	0,85	1,06	0,64	68,15	31,85
		Total/Média	**16,80**	**0,78**	**1,06**	**0,45**	**45,52**	**54,48**
	3	A	6,37	0,65	0,92	0,36	35,43	64,57
		B	6,37	0,68	0,99	0,47	48,30	51,70
		C	6,37	0,84	1,14	0,49	48,76	51,24
		Total/Média	**19,12**	**0,72**	**1,14**	**0,36**	**44,16**	**55,84**
	4	A	6,67	0,65	0,90	0,41	29,29	70,71
		B	6,67	0,68	0,86	0,43	38,40	61,60
		C	6,67	0,82	1,00	0,53	71,47	28,53
		Total/Média	**20,00**	**0,71**	**1,00**	**0,41**	**46,39**	**53,61**
	5	A	5,00	0,64	0,93	0,48	39,15	60,85
		B	5,00	0,65	0,88	0,42	39,90	60,10
		C	5,00	0,85	1,18	0,52	54,96	45,04
		Total/Média	**15,00**	**0,71**	**1,18**	**0,42**	**44,67**	**55,33**
	Média	A	5,95	**0,65**	**0,93**	**0,36**	**34,25**	**65,75**
		B	5,95	**0,68**	**0,99**	**0,37**	**40,68**	**59,32**
		C	5,95	**0,83**	**1,18**	**0,49**	**58,47**	**41,53**
		Total/Média	**17,86**	**0,72**	**1,18**	**0,36**	**44,47**	**55,53**

Tabela 12 - Valores originais e médias/totais de espessura, densidade (med, max e min), porcentagens (fibrosa+vascular e parenquimática) das amostras dos colmos de *D. latiflorus* (continua)

Espécie: *Dendrocalamus latiflorus*								
Ano	**Amostra**	**Camada do colmo**	**Espessura (mm)**	**Densidade (g/cm³)**			**Porcentagem (%)**	
				Média	**Máxima**	**Mínima**	**Fibrosa + vascular**	**Parenquimática**
2002	1	A	4,71	0,66	0,84	0,44	39,36	60,64
		B	4,71	0,69	1,00	0,42	47,40	52,60
		C	4,71	0,90	1,11	0,62	53,90	46,10
		Total/Média	**14,12**	**0,75**	**1,11**	**0,42**	**46,89**	**53,11**
	2	A	5,37	0,56	0,80	0,40	30,86	69,14
		B	5,37	0,56	0,81	0,39	28,80	71,20
		C	5,37	0,86	1,16	0,52	48,62	51,38
		Total/Média	**16,12**	**0,66**	**1,16**	**0,39**	**36,09**	**63,91**
	Média	A	5,04	**0,61**	**0,84**	**0,40**	**35,11**	**64,89**
		B	5,04	**0,62**	**1,00**	**0,39**	**38,10**	**61,90**
		C	5,04	**0,88**	**1,16**	**0,52**	**51,26**	**48,74**
		Total/Média	**15,12**	**0,71**	**1,16**	**0,39**	**41,49**	**58,51**
2003	1	A	4,05	0,72	0,89	0,51	43,45	56,55
		B	4,05	0,75	0,96	0,51	49,60	50,40
		C	4,05	0,91	1,14	0,55	46,79	53,21
		Total/Média	**12,16**	**0,79**	**1,14**	**0,51**	**46,61**	**53,39**
	2	A	4,64	0,67	0,95	0,44	27,70	72,30
		B	4,64	0,68	0,97	0,48	45,90	54,10
		C	4,64	0,87	1,11	0,58	41,38	58,62
		Total/Média	**13,92**	**0,74**	**1,11**	**0,44**	**38,33**	**61,67**
	Média	A	4,35	**0,69**	**0,95**	**0,44**	**35,58**	**64,43**
		B	4,35	**0,71**	**0,97**	**0,48**	**47,75**	**52,25**
		C	4,35	**0,89**	**1,14**	**0,55**	**44,08**	**55,92**
		Total/Média	**13,04**	**0,76**	**1,14**	**0,44**	**42,47**	**57,53**
2004	1	A	4,27	0,74	1,00	0,50	38,40	61,60
		B	4,27	0,81	1,08	0,51	47,00	53,00
		C	4,27	0,99	1,23	0,64	52,68	47,32
		Total/Médias	**12,80**	**0,84**	**1,23**	**0,50**	**46,03**	**53,97**
	2	A	4,59	0,72	0,98	0,51	40,34	59,66
		B	4,59	0,69	0,90	0,45	45,50	54,50
		C	4,59	0,86	1,13	0,50	49,79	50,21
		Total/Média	**13,76**	**0,76**	**1,13**	**0,45**	**45,21**	**54,79**
	3	A	5,25	0,70	0,90	0,44	33,03	66,97
		B	5,25	0,70	0,95	0,48	44,50	55,50
		C	5,25	0,84	1,17	0,54	47,92	52,08
		Total/Média	**15,76**	**0,75**	**1,17**	**0,44**	**41,82**	**58,18**
	Média	A	4,70	**0,72**	**1,00**	**0,44**	**37,26**	**62,74**
		B	4,70	**0,73**	**1,08**	**0,45**	**45,67**	**54,33**
		C	4,70	**0,89**	**1,23**	**0,50**	**50,13**	**49,87**
		Total/Média	**14,11**	**0,78**	**1,23**	**0,44**	**44,35**	**55,65**
2005	1	A	4,49	0,77	1,06	0,55	48,35	51,65
		B	4,49	0,78	0,97	0,59	54,10	45,90
		C	4,49	0,89	1,20	0,60	49,05	50,95
		Total/Média	**13,48**	**0,81**	**1,20**	**0,55**	**50,50**	**49,50**
	2	A	4,12	0,63	0,85	0,42	31,50	68,50
		B	4,12	0,61	0,81	0,41	53,10	46,90
		C	4,12	0,87	1,14	0,58	51,00	49,00
		Total/Média	**12,36**	**0,70**	**1,14**	**0,41**	**45,20**	**54,80**
	Média	A	4,31	**0,70**	**1,06**	**0,42**	**39,93**	**60,08**
		B	4,31	**0,70**	**0,97**	**0,41**	**53,60**	**46,40**
		C	4,31	**0,88**	**1,20**	**0,58**	**50,03**	**49,98**
		Total/Média	**12,92**	**0,76**	**1,20**	**0,41**	**47,85**	**52,15**

Tabela 12 - Valores originais e médias/totais de espessura, densidade (med, max e min), porcentagens (fibrosa+vascular e parenquimática) das amostras dos colmos de *D. latiflorus* (conclusão)

Continuação *D. latiflorus*

Ano	Amostra	Camada do colmo	Espessura (mm)	Densidade (g/cm³)			Porcentagem (%)	
				Média	Máxima	Mínima	Fibrosa + vascular	Parenquimática
2006	1	A	4,13	0,67	0,92	0,39	26,82	73,18
		B	4,13	0,67	0,89	0,46	35,40	64,60
		C	4,13	0,91	1,15	0,59	55,20	44,80
		Total/Médias	**12,40**	**0,75**	**1,15**	**0,39**	**39,14**	**60,86**
	2	A	4,36	0,74	1,04	0,56	-	-
		B	4,36	0,72	1,03	0,53	-	-
		C	4,36	0,90	1,16	0,68	-	-
		Total/Média	**13,08**	**0,79**	**1,16**	**0,53**	**-**	**-**
	3	A	5,31	0,77	1,13	0,55	20,85	79,15
		B	5,31	0,65	0,92	0,39	31,55	68,45
		C	5,31	0,84	1,15	0,59	47,44	52,56
		Total/Média	**15,92**	**0,75**	**1,15**	**0,39**	**33,28**	**66,72**
	Média	A	4,60	**0,73**	**1,13**	**0,39**	**23,84**	**76,17**
		B	4,60	**0,68**	**1,03**	**0,39**	**33,48**	**66,53**
		C	4,60	**0,88**	**1,16**	**0,59**	**51,32**	**48,68**
		Total/Média	**13,80**	**0,76**	**1,16**	**0,39**	**36,21**	**63,79**
2007	1	A	3,69	0,67	0,90	0,47	41,80	58,20
		B	3,69	0,68	0,90	0,50	49,30	50,70
		C	3,69	0,83	1,10	0,51	53,84	46,16
		Total/Média	**11,08**	**0,73**	**1,10**	**0,47**	**48,31**	**51,69**
	2	A	3,64	0,71	0,92	0,50	41,90	58,10
		B	3,64	0,71	0,90	0,55	50,80	49,20
		C	3,64	0,90	1,17	0,63	54,30	45,70
		Total/Média	**10,92**	**0,77**	**1,17**	**0,50**	**49,00**	**51,00**
	Média	A	3,67	**0,69**	**0,92**	**0,47**	**41,85**	**58,15**
		B	3,67	**0,69**	**0,90**	**0,50**	**50,05**	**49,95**
		C	3,67	**0,86**	**1,17**	**0,51**	**54,07**	**45,93**
		Total/Média	**11,00**	**0,75**	**1,17**	**0,47**	**48,66**	**51,34**
2008	1	A	3,32	0,74	1,01	0,55	51,50	48,50
		B	3,32	0,74	0,99	0,51	43,70	56,30
		C	3,32	0,88	1,16	0,59	48,98	51,12
		Total/Médias	**9,96**	**0,79**	**1,16**	**0,51**	**48,06**	**51,97**
	2	A	3,92	0,74	1,02	0,51	26,00	74,00
		B	3,92	0,77	1,06	0,50	36,60	63,40
		C	3,92	0,92	1,17	0,61	42,70	57,30
		Total/Média	**11,76**	**0,81**	**1,17**	**0,50**	**35,10**	**64,90**
	3	A	3,73	0,85	1,11	0,60	50,32	49,68
		B	3,73	0,82	1,11	0,62	53,90	46,10
		C	3,73	0,96	1,19	0,64	46,40	53,60
		Total/Média	**11,20**	**0,88**	**1,19**	**0,60**	**50,21**	**49,79**
	3R	A	4,69	0,73	1,08	0,47	32,34	67,66
		B	4,69	0,74	1,03	0,58	27,20	72,80
		C	4,69	0,91	1,18	0,58	56,63	43,37
		Total/Média	**14,08**	**0,79**	**1,18**	**0,47**	**38,72**	**61,28**
	Média	A	3,92	**0,77**	**1,11**	**0,47**	**40,04**	**59,96**
		B	3,92	**0,77**	**1,11**	**0,51**	**40,35**	**59,65**
		C	3,92	**0,91**	**1,19**	**0,58**	**48,68**	**51,35**
		Total/Média	**11,75**	**0,82**	**1,19**	**0,47**	**43,02**	**56,99**

Tabela 13 - Valores originais e médias/totais de espessura, densidade (med, max e min), porcentagens (fibrosa+vascular e parenquimática) das amostras dos colmos de *G. angustifolia* (continua)

Espécie: *Guadua angustifolia*

Ano	Amostra	Camada do colmo	Espessura (mm)	Densidade (g/cm³)			Porcentagem (%)	
				Média	Máxima	Mínima	Fibrosa + vascular	Parenquimática
2006	1	A	4,27	0,76	1,07	0,50	32,00	68,00
		B	4,27	0,75	0,97	0,56	17,20	82,80
		C	4,27	0,90	1,17	0,59	46,69	53,31
		Total/Média	**12,80**	**0,80**	**1,17**	**0,50**	**31,96**	**68,04**
	1R	A	4,19	0,64	1,02	0,41	18,55	81,45
		B	4,19	0,61	0,85	0,42	27,60	72,40
		C	4,19	0,80	1,13	0,55	48,11	51,89
		Total/Média	**12,56**	**0,68**	**1,13**	**0,41**	**31,42**	**68,58**
	2	A	4,27	0,84	1,13	0,60	31,80	68,20
		B	4,27	0,84	1,04	0,54	34,80	65,20
		C	4,27	0,94	1,14	0,62	55,52	44,48
		Total/Média	**12,80**	**0,87**	**1,14**	**0,54**	**40,71**	**59,29**
	3	A	3,65	0,90	1,17	0,52	22,95	77,05
		B	3,65	0,90	1,14	0,61	28,40	71,60
		C	3,65	1,00	1,18	0,67	50,50	49,50
		Total/Média	**10,96**	**0,93**	**1,18**	**0,52**	**33,95**	**66,05**
	4	A	4,56	0,71	0,94	0,52	24,56	75,44
		B	4,56	0,68	0,98	0,49	21,00	79,00
		C	4,56	0,78	1,18	0,50	37,90	62,10
		Total/Média	**13,68**	**0,72**	**1,18**	**0,49**	**27,82**	**72,18**
	5	A	3,23	0,66	0,96	0,45	21,24	78,76
		B	3,23	0,65	1,00	0,42	24,10	75,90
		C	3,23	0,89	1,16	0,55	43,46	56,54
		Total/Média	**9,68**	**0,73**	**1,16**	**0,42**	**29,60**	**70,40**
	Média	A	4,03	**0,75**	**1,17**	**0,41**	**25,18**	**74,82**
		B	4,03	**0,74**	**1,14**	**0,42**	**25,52**	**74,48**
		C	4,03	**0,88**	**1,18**	**0,50**	**47,03**	**52,97**
		Total/Média	**12,08**	**0,79**	**1,18**	**0,41**	**32,58**	**67,42**
2007	1	A	3,76	0,86	1,10	0,59	25,72	74,28
		B	3,76	0,81	1,07	0,55	35,70	64,30
		C	3,76	0,89	1,12	0,64	39,80	60,20
		Total/Média	**11,28**	**0,85**	**1,12**	**0,55**	**33,74**	**66,26**
	2	A	4,43	0,66	0,99	0,44	19,40	80,60
		B	4,43	0,65	0,90	0,43	16,18	83,82
		C	4,43	0,87	1,19	0,55	20,50	79,50
		Total/Média	**13,28**	**0,73**	**1,19**	**0,43**	**18,69**	**81,31**
	3	A	4,81	0,76	1,06	0,53	26,00	74,00
		B	4,81	0,72	1,02	0,45	24,20	75,80
		C	4,81	0,93	1,26	0,54	47,80	52,20
		Total/Média	**14,44**	**0,80**	**1,26**	**0,45**	**32,67**	**67,33**
	4	A	3,59	0,62	0,94	0,42	21,31	78,69
		B	3,59	0,63	0,94	0,44	24,40	75,60
		C	3,59	0,83	1,11	0,56	44,60	55,40
		Total/Média	**10,76**	**0,69**	**1,11**	**0,42**	**30,10**	**69,90**
	4R	A	4,27	0,61	0,96	0,36	20,30	79,70
		B	4,27	0,66	0,98	0,42	32,50	67,50
		C	4,27	0,83	1,08	0,48	50,20	49,80
		Total/Média	**12,80**	**0,70**	**1,08**	**0,36**	**34,33**	**65,67**
	5	A	4,07	0,82	1,17	0,46	20,49	79,51
		B	4,07	0,76	1,09	0,48	28,00	72,00
		C	4,07	0,97	1,24	0,52	46,09	53,91
		Total/Média	**12,20**	**0,85**	**1,24**	**0,46**	**31,53**	**68,47**
	Média	A	4,15	**0,72**	**1,17**	**0,36**	**22,20**	**77,80**
		B	4,15	**0,70**	**1,09**	**0,42**	**26,83**	**73,17**
		C	4,15	**0,89**	**1,24**	**0,48**	**41,50**	**58,50**
		Total/Média	**12,46**	**0,77**	**1,24**	**0,36**	**30,18**	**69,82**

Tabela 13 - Valores originais e médias/totais de espessura, densidade (med, max e min), porcentagens (fibrosa+vascular e parenquimática) das amostras dos colmos de *G. angustifolia* (continuação)

Continuação *G. angustifolia*

Ano	Amostra	Camada do colmo	Espessura (mm)	Densidade (g/cm³)			Porcentagem (%)	
				Média	Máxima	Mínima	Fibrosa + vascular	Parenquimática
2008	1	A	4,67	0,81	1,14	0,48	26,80	73,20
		B	4,67	0,73	1,01	0,48	26,30	73,70
		C	4,67	0,92	1,14	0,61	50,50	49,50
		Total/Média	**14,00**	**0,82**	**1,14**	**0,48**	**34,53**	**65,47**
	1R	A	4,63	0,84	1,24	0,60	29,79	70,21
		B	4,63	0,85	1,17	0,63	29,00	71,00
		C	4,63	0,95	1,17	0,58	50,38	49,61
		Total/Média	**13,88**	**0,88**	**1,24**	**0,58**	**36,39**	**63,61**
	2	A	4,69	0,86	1,18	0,56	34,05	65,95
		B	4,69	0,80	1,08	0,48	35,10	64,90
		C	4,69	0,98	1,18	0,65	58,92	41,08
		Total/Média	**14,08**	**0,88**	**1,18**	**0,48**	**42,69**	**57,31**
	3	A	3,91	0,81	1,17	0,54	41,00	59,00
		B	3,91	0,67	1,02	0,48	23,20	76,80
		C	3,91	0,91	1,24	0,61	56,90	43,10
		Total/Média	**11,72**	**0,80**	**1,24**	**0,48**	**40,37**	**59,63**
	4	A	3,12	0,84	1,10	0,64	27,80	72,20
		B	3,12	0,75	1,01	0,53	18,60	81,40
		C	3,12	0,95	1,17	0,59	57,19	42,81
		Total/Média	**9,36**	**0,85**	**1,17**	**0,53**	**34,53**	**65,47**
	5	A	4,25	0,89	1,24	0,61	35,50	64,50
		B	4,25	0,82	1,13	0,55	21,50	78,50
		C	4,25	0,94	1,22	0,56	46,07	53,93
		Total/Média	**12,76**	**0,88**	**1,24**	**0,55**	**34,36**	**65,64**
	Média	A	4,21	**0,84**	**1,24**	**0,48**	**32,49**	**67,51**
		B	4,21	**0,77**	**1,17**	**0,48**	**25,62**	**74,38**
		C	4,21	**0,94**	**1,24**	**0,56**	**53,33**	**46,67**
		Total/Média	**12,63**	**0,85**	**1,24**	**0,48**	**37,14**	**62,85**
2009	1	A	3,84	0,90	1,22	0,62	37,33	62,67
		B	3,84	0,84	1,15	0,61	29,20	70,80
		C	3,84	0,96	1,15	0,59	51,96	48,04
		Total/Média	**11,52**	**0,90**	**1,22**	**0,59**	**39,50**	**60,50**
	1R	A	5,83	0,59	1,23	0,35	19,91	80,09
		B	5,83	0,56	0,92	0,33	24,20	75,80
		C	5,83	0,83	1,10	0,44	44,42	55,68
		Total/Média	**17,48**	**0,66**	**1,23**	**0,33**	**29,51**	**70,52**
	2	A	3,67	0,74	1,04	0,41	22,61	77,39
		B	3,67	0,75	1,11	0,45	26,30	73,70
		C	3,67	0,85	1,17	0,48	45,01	54,99
		Total/Média	**11,00**	**0,78**	**1,17**	**0,41**	**31,31**	**68,69**
	2R	A	3,11	0,84	1,18	0,58	22,40	77,60
		B	3,11	0,78	1,03	0,59	23,60	76,40
		C	3,11	0,89	1,14	0,62	54,37	45,63
		Total/Média	**9,32**	**0,84**	**1,18**	**0,58**	**33,46**	**66,54**
	3	A	5,19	0,87	1,20	0,52	35,66	64,34
		B	5,19	0,85	1,29	0,46	38,70	61,30
		C	5,19	0,95	1,18	0,54	49,79	50,21
		Total/Média	**15,56**	**0,89**	**1,29**	**0,46**	**41,38**	**58,62**
	4	A	3,51	0,99	1,27	0,77	41,64	58,36
		B	3,51	0,91	1,13	0,72	28,70	71,30
		C	3,51	0,99	1,19	0,68	54,03	45,97
		Total/Média	**10,52**	**0,96**	**1,27**	**0,68**	**41,46**	**58,54**
	5	A	4,23	0,85	1,22	0,53	21,90	78,10
		B	4,23	0,79	1,15	0,59	26,50	73,50
		C	4,23	0,93	1,19	0,64	43,89	56,11
		Total/Média	**12,68**	**0,86**	**1,22**	**0,53**	**30,76**	**69,24**
	Média	A	4,19	**0,82**	**1,27**	**0,35**	**28,78**	**71,22**
		B	4,19	**0,78**	**1,29**	**0,33**	**28,17**	**71,83**
		C	4,19	**0,92**	**1,19**	**0,44**	**49,07**	**50,95**
		Total/Média	**12,58**	**0,84**	**1,29**	**0,33**	**35,34**	**64,67**

Tabela 13 - Valores originais e médias/totais de espessura, densidade (med, max e min), porcentagens (fibrosa+vascular e parenquimática) das amostras dos colmos de *G. angustifolia* (conclusão)

Continuação *G. angustifolia*

Ano	Amostra	Camada do colmo	Espessura (mm)	Densidade (g/cm³)			Porcentagem (%)	
				Média	Máxima	Mínima	Fibrosa + vascular	Parenquimática
2010	1	A	4,92	0,90	1,33	0,56	25,70	74,30
		B	4,92	0,89	1,33	0,66	25,40	74,60
		C	4,92	0,96	1,23	0,67	58,50	41,50
		Total/Média	**14,76**	**0,92**	**1,33**	**0,56**	**36,53**	**63,47**
	1R	A	4,77	0,69	1,09	0,43	22,90	77,10
		B	4,77	0,69	0,96	0,44	26,00	74,00
		C	4,77	0,88	1,17	0,53	45,47	54,53
		Total/Média	**14,32**	**0,76**	**1,17**	**0,43**	**31,46**	**68,54**
	2	A	3,19	0,94	1,32	0,54	27,54	72,46
		B	3,19	0,87	1,26	0,63	29,50	70,50
		C	3,19	1,04	1,27	0,83	48,78	51,22
		Total/Média	**9,56**	**0,95**	**1,32**	**0,54**	**35,27**	**64,73**
	3	A	3,93	0,96	1,31	0,59	27,00	73,00
		B	3,93	0,78	1,23	0,41	32,70	67,30
		C	3,93	0,96	1,17	0,54	50,10	49,90
		Total/Média	**11,80**	**0,90**	**1,31**	**0,41**	**36,60**	**63,40**
	4	A	3,28	0,97	1,24	0,66	44,20	55,80
		B	3,28	0,93	1,27	0,71	32,30	67,70
		C	3,28	1,03	1,23	0,75	35,04	64,96
		Total/Média	**9,84**	**0,97**	**1,27**	**0,66**	**37,18**	**62,82**
	5	A	3,95	0,77	1,20	0,48	28,20	71,80
		B	3,95	0,77	1,15	0,52	35,30	64,70
		C	3,95	0,89	1,17	0,54	48,06	51,94
		Total/Média	**11,84**	**0,81**	**1,20**	**0,48**	**37,19**	**62,81**
	Média	A	4,01	**0,87**	**1,33**	**0,43**	**29,26**	**70,74**
		B	4,01	**0,82**	**1,33**	**0,41**	**30,20**	**69,80**
		C	4,01	**0,96**	**1,27**	**0,53**	**47,66**	**52,34**
		Total/Média	**12,02**	**0,88**	**1,33**	**0,41**	**35,70**	**64,30**
2011	1	A	4,17	0,75	1,00	0,43	33,90	66,10
		B	4,17	0,82	1,07	0,55	34,80	65,20
		C	4,17	0,91	1,22	0,61	61,04	38,96
		Total/Média	**12,52**	**0,83**	**1,22**	**0,43**	**43,25**	**56,75**
	2	A	3,79	0,70	1,03	0,37	32,74	67,26
		B	3,79	0,77	0,99	0,60	24,50	75,50
		C	3,79	0,89	1,18	0,63	60,28	39,72
		Total/Média	**11,36**	**0,79**	**1,18**	**0,37**	**39,17**	**60,83**
	3	A	3,36	0,68	1,04	0,40	23,17	76,83
		B	3,36	0,81	1,07	0,60	35,00	65,00
		C	3,36	0,94	1,22	0,67	53,00	47,00
		Total/Média	**10,08**	**0,81**	**1,22**	**0,40**	**37,06**	**62,94**
	4	A	2,64	0,78	1,06	0,53	27,50	72,50
		B	2,64	0,76	1,05	0,50	35,40	64,60
		C	2,64	0,96	1,15	0,78	48,67	51,33
		Total/Média	**7,92**	**0,83**	**1,15**	**0,50**	**37,19**	**62,81**
	5	A	2,16	0,65	0,89	0,46	29,40	70,60
		B	2,16	0,66	0,89	0,45	35,50	64,50
		C	2,16	0,83	1,08	0,52	49,31	50,69
		Total/Média	**6,48**	**0,71**	**1,08**	**0,45**	**38,07**	**61,93**
	Média	A	3,22	**0,71**	**1,06**	**0,37**	**29,34**	**70,66**
		B	3,22	**0,76**	**1,07**	**0,45**	**33,04**	**66,96**
		C	3,22	**0,91**	**1,22**	**0,52**	**54,46**	**45,54**
		Total/Média	**9,67**	**0,79**	**1,22**	**0,37**	**38,95**	**61,05**

ANEXO B - Gráficos de densidade aparente das amostras dos colmos das três espécies

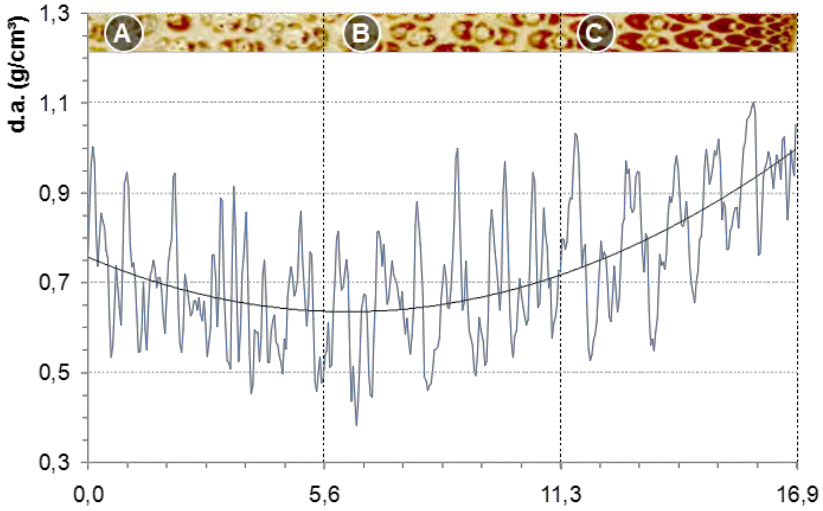


Figura 18. *D. asper*, 2002, amostra 1

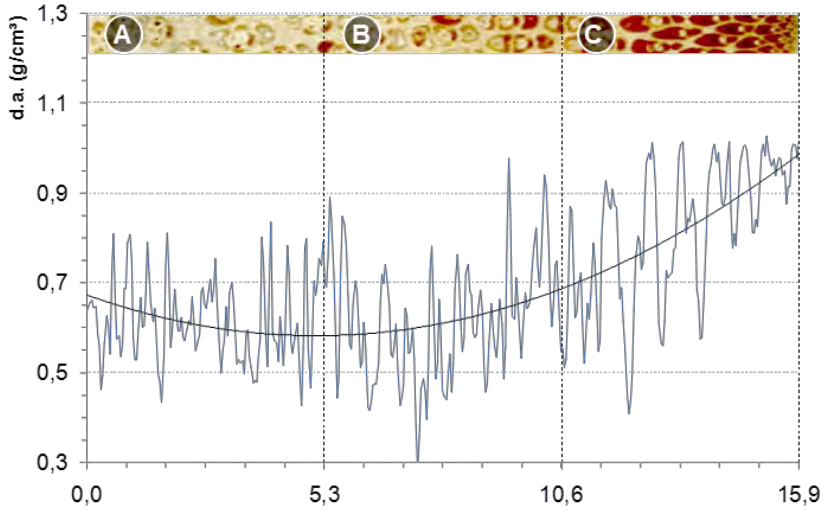


Figura 19. *D. asper*, 2002, amostra 2

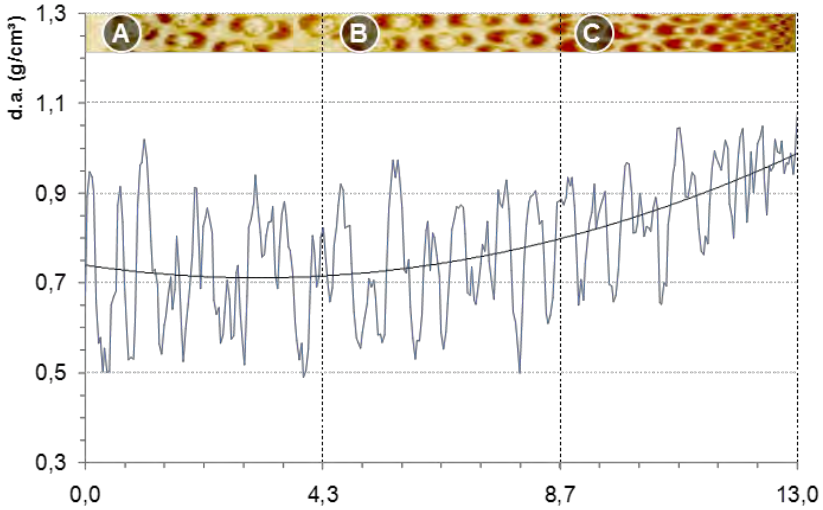


Figura 20. *D. asper*, 2002, amostra 3R

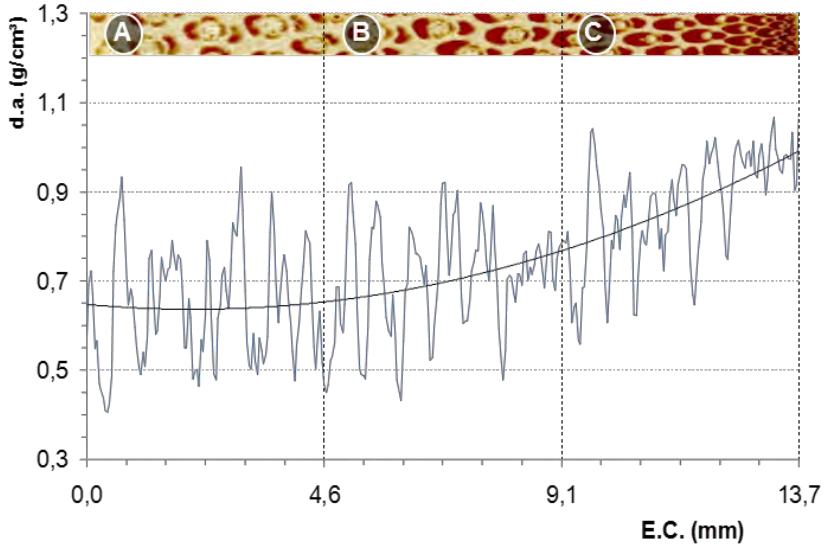


Figura 21. *D. asper*, 2002, amostra 4

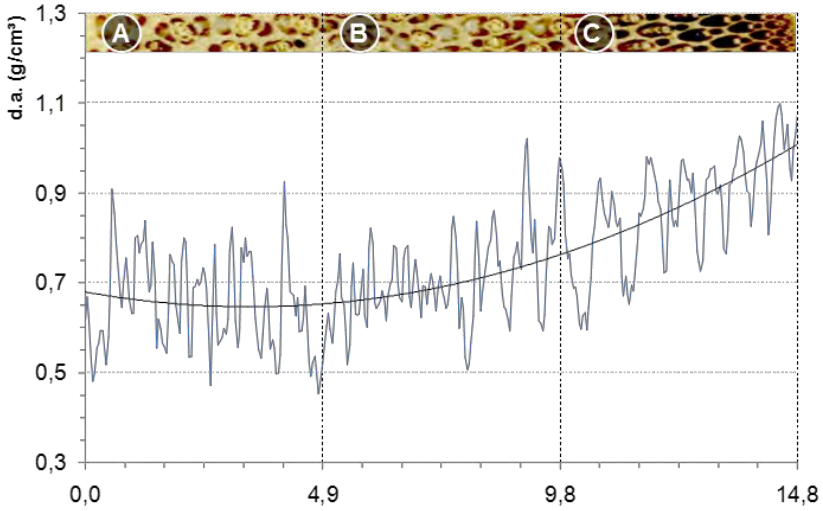


Figura 22. *D. asper*, 2002, amostra 5

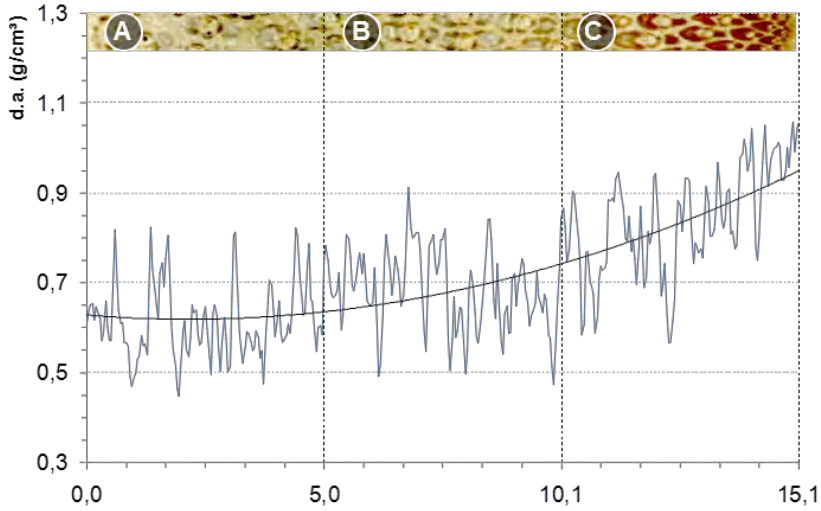


Figura 23. *D. asper*, 2002, amostra 5R

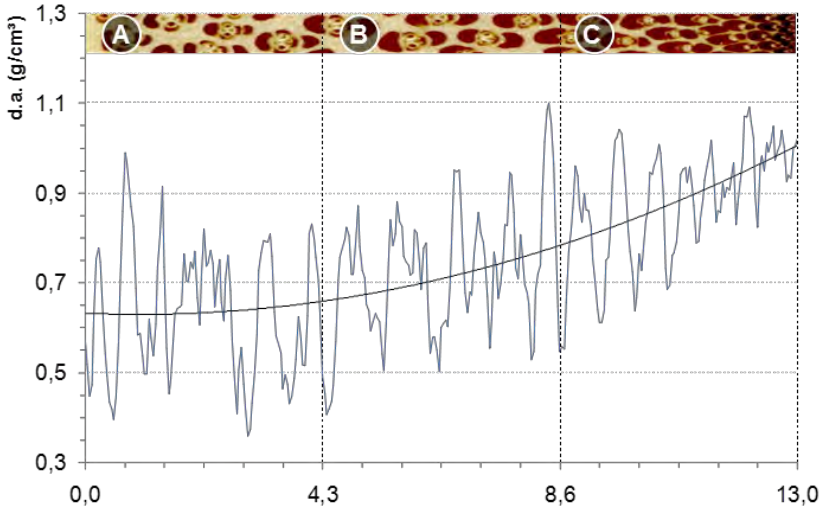


Figura 24. *D. asper*, 2003, amostra 1

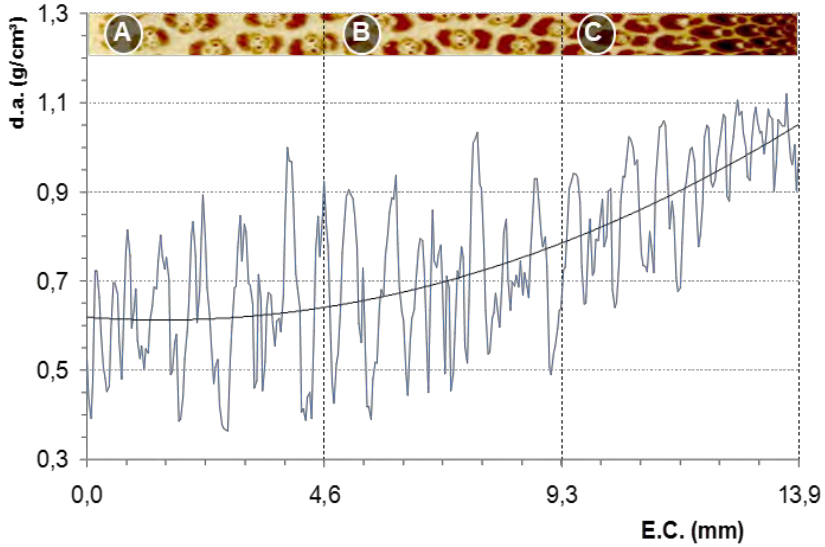


Figura 25. *D. asper*, 2003, amostra 2

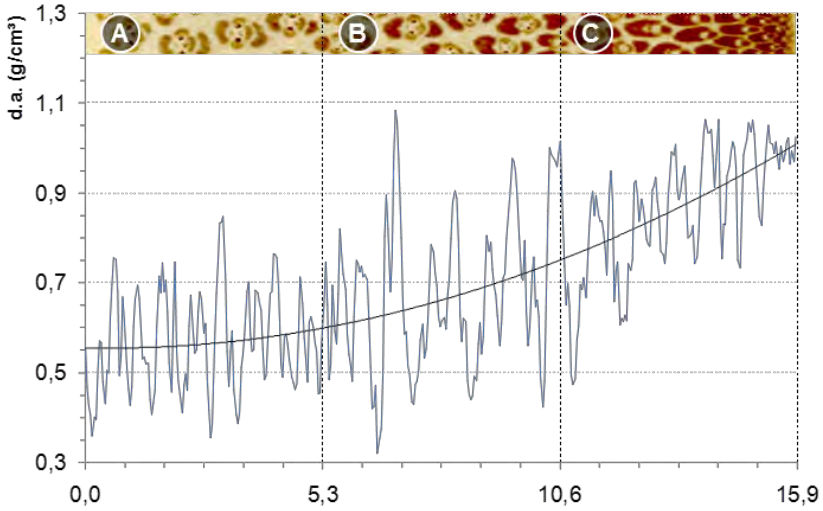


Figura 26. *D. asper*, 2003, amostra 3

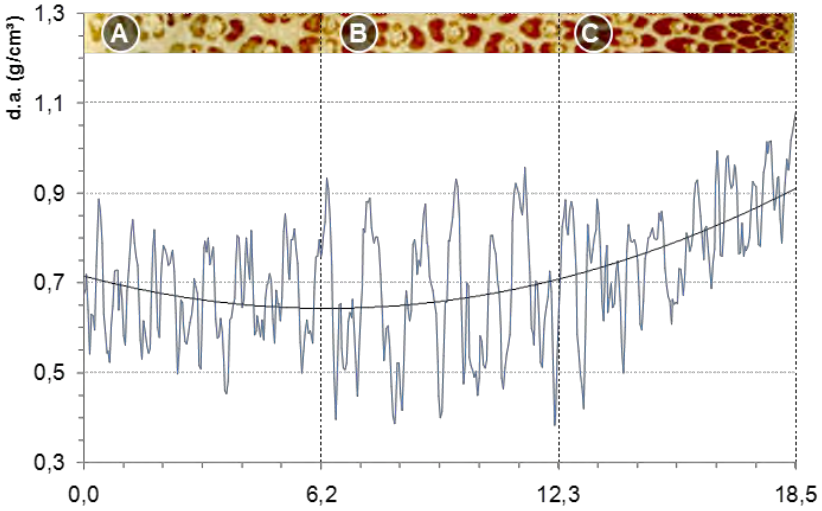


Figura 27. *D. asper*, 2003, amostra 4

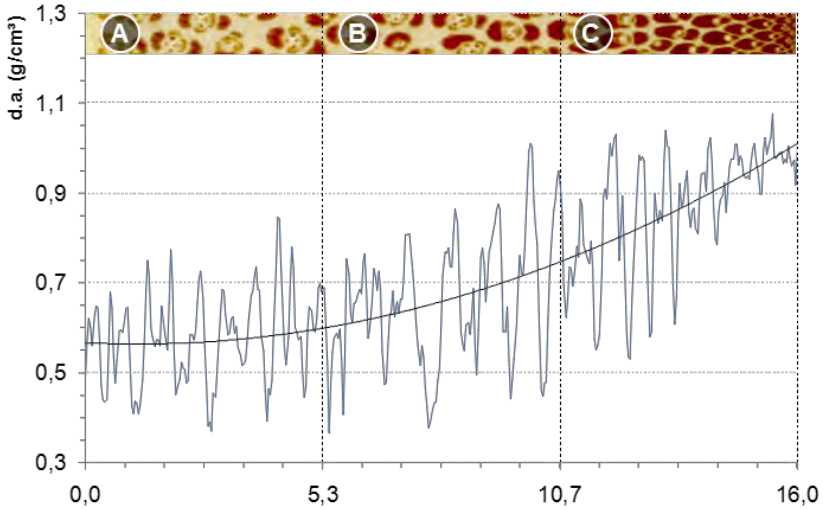


Figura 28. *D. asper*, 2003, amostra 5

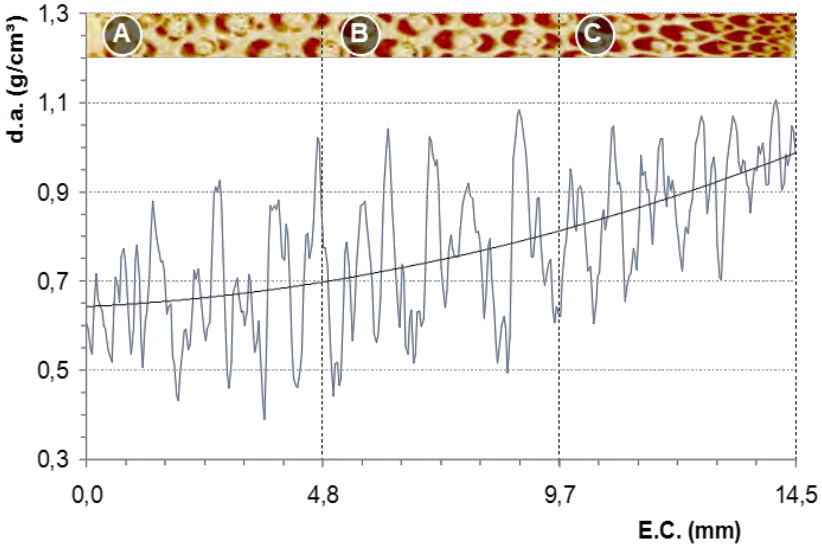


Figura 29. *D. asper*, 2004, amostra 1

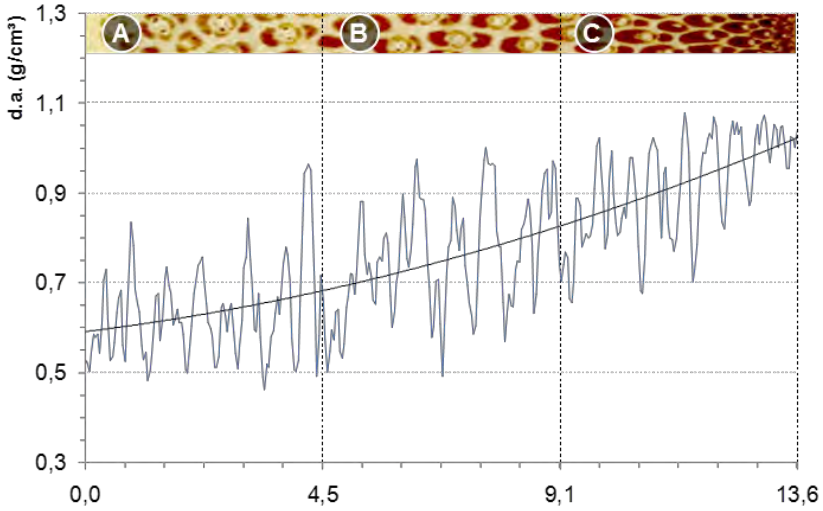


Figura 30. *D. asper*, 2004, amostra 2

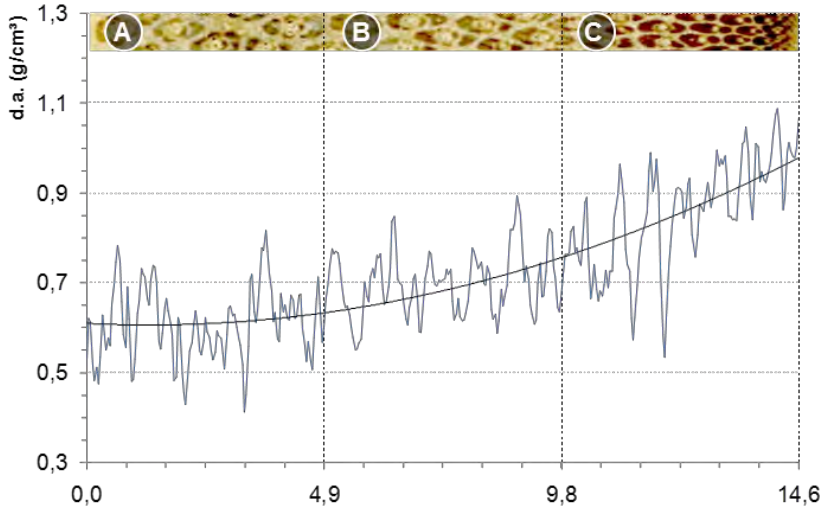


Figura 31. *D. asper*, 2004, amostra 3

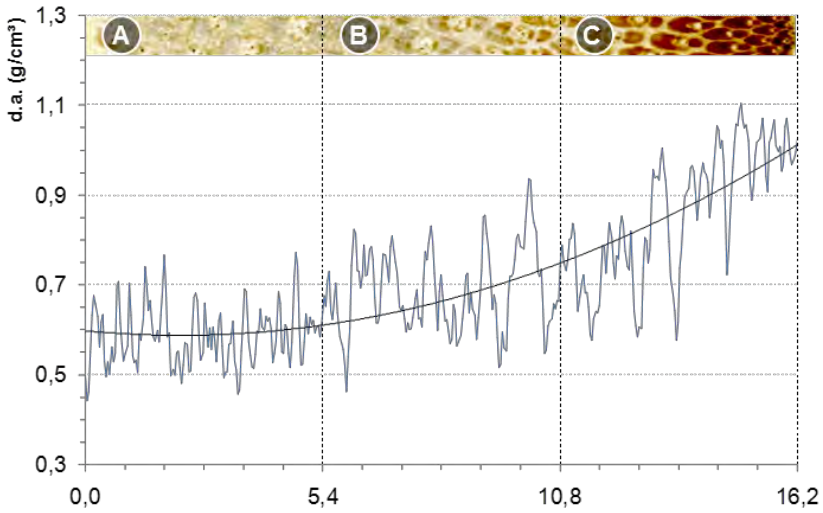


Figura 32. *D. asper*, 2004, amostra 4

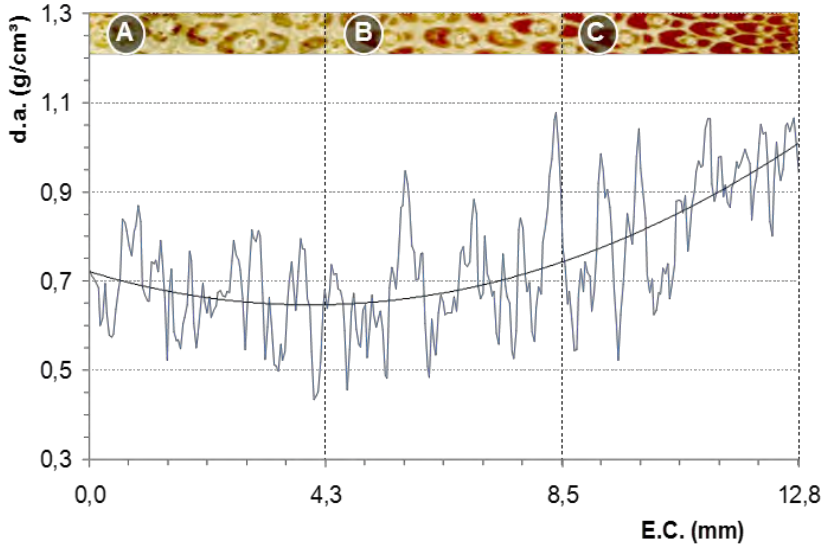


Figura 33. *D. asper*, 2004, amostra 4R

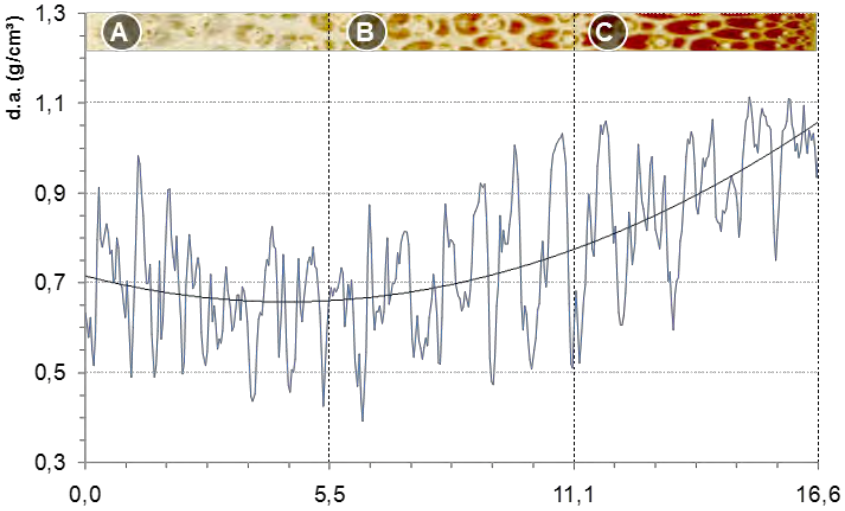


Figura 34. *D. asper*, 2004, amostra 5

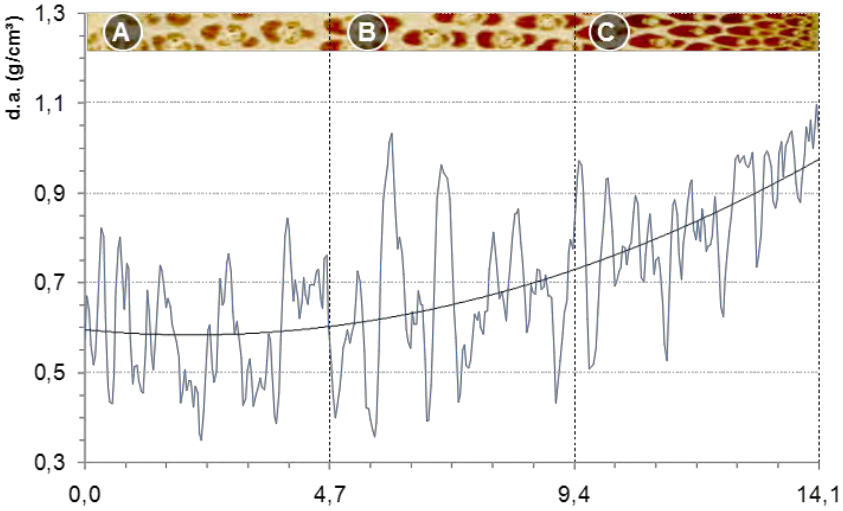


Figura 35. *D. asper*, 2005, amostra 1

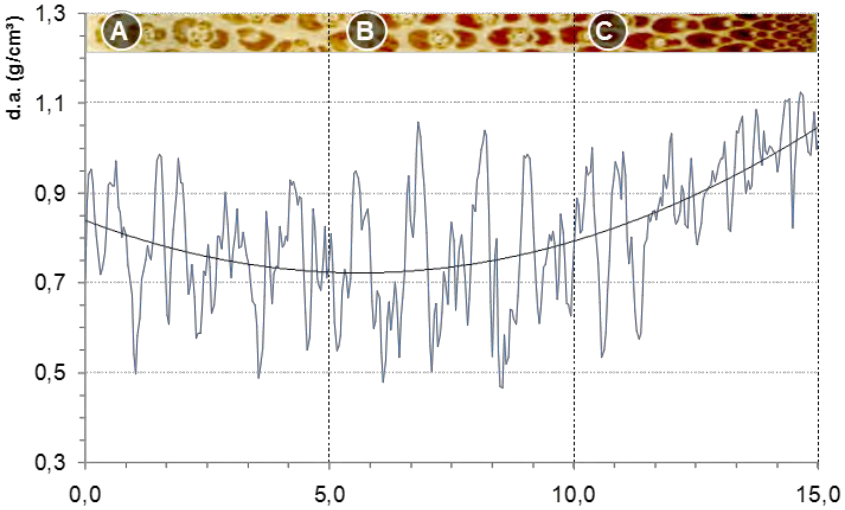


Figura 36. *D. asper*, 2005, amostra 2

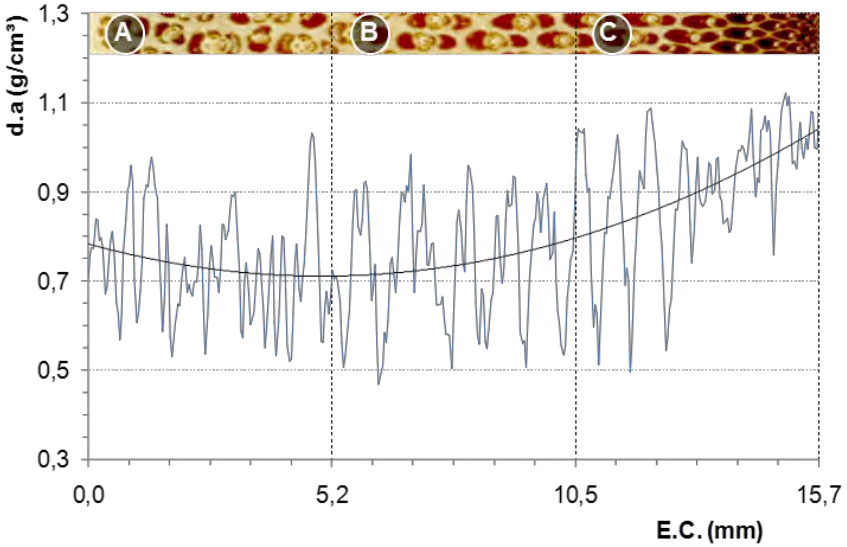


Figura 37. *D. asper*, 2005, amostra 2R

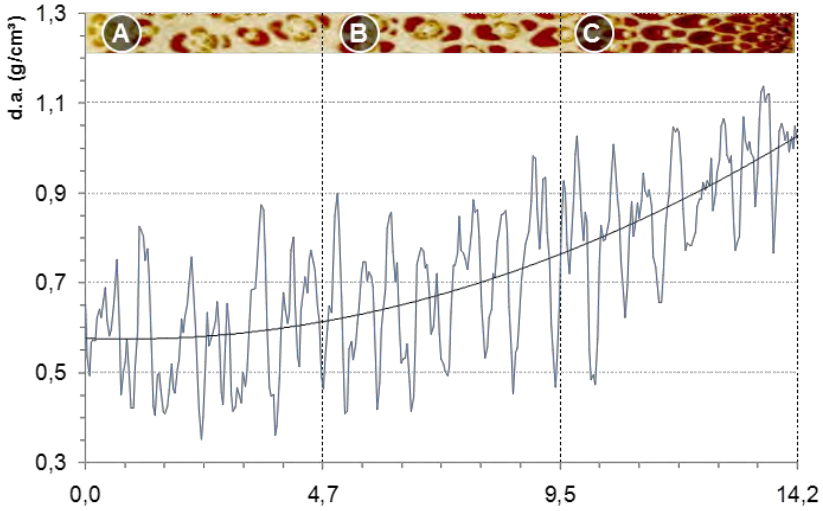


Figura 38. *D. asper*, 2005, amostra 3

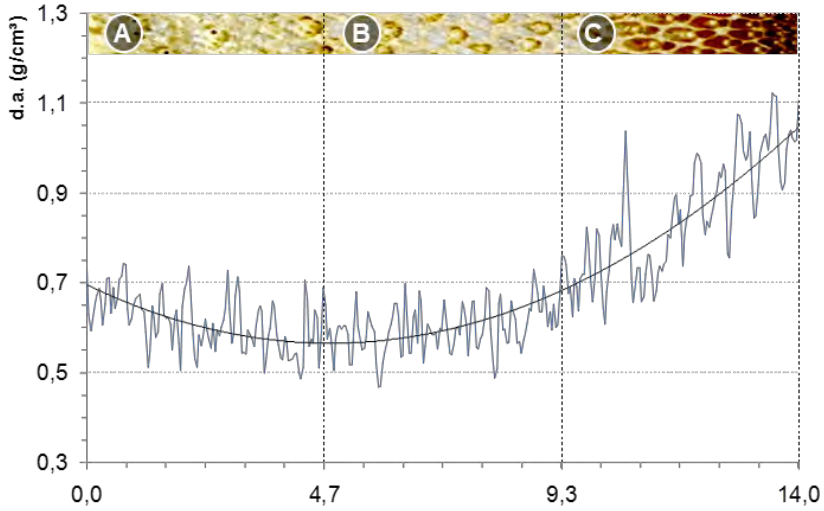


Figura 39. *D. asper*, 2005, amostra 4

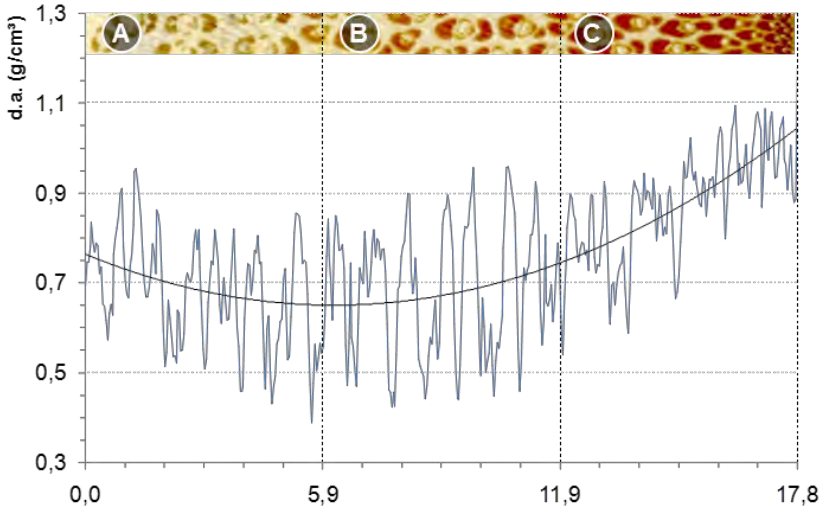


Figura 40. *D. asper*, 2005, amostra 5

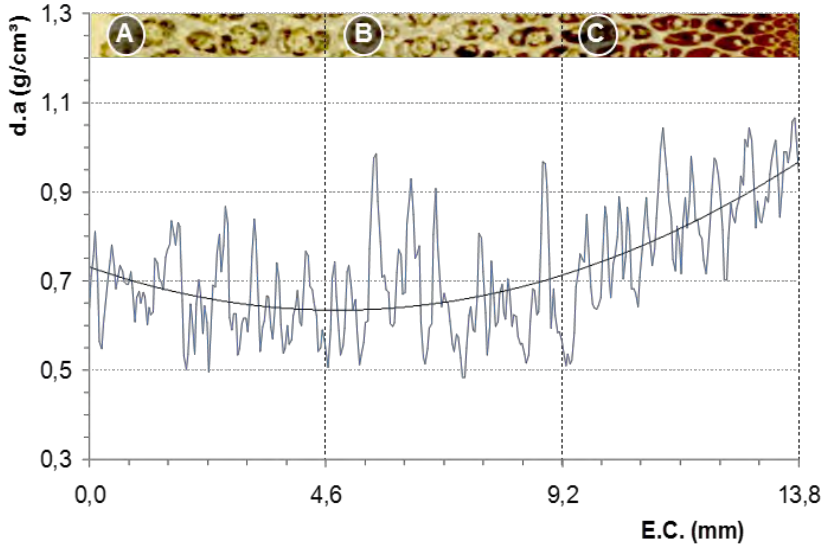


Figura 41. *D. asper*, 2006, amostra 1

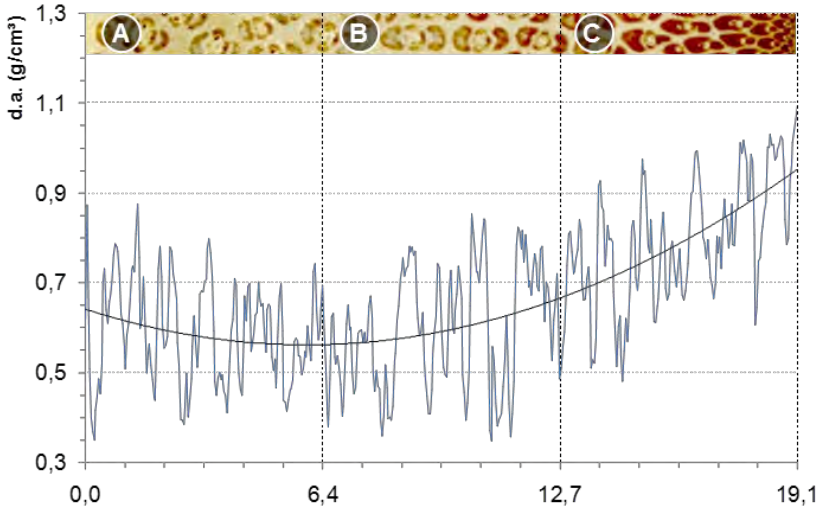


Figura 42. *D. asper*, 2006, amostra 2

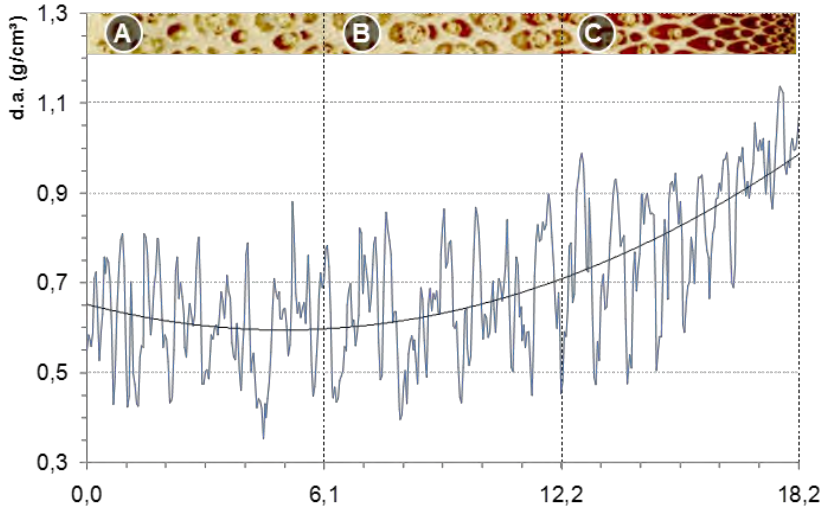


Figura 43. *D. asper*, 2006, amostra 3

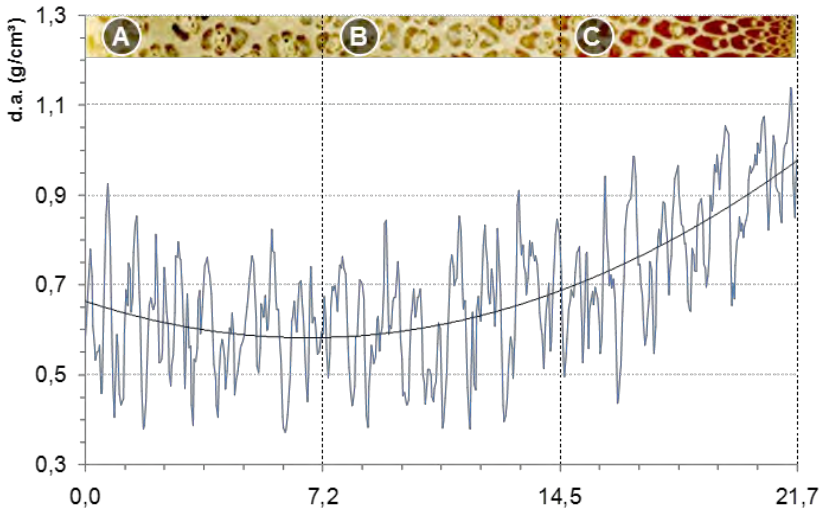


Figura 44. *D. asper*, 2006, amostra 4

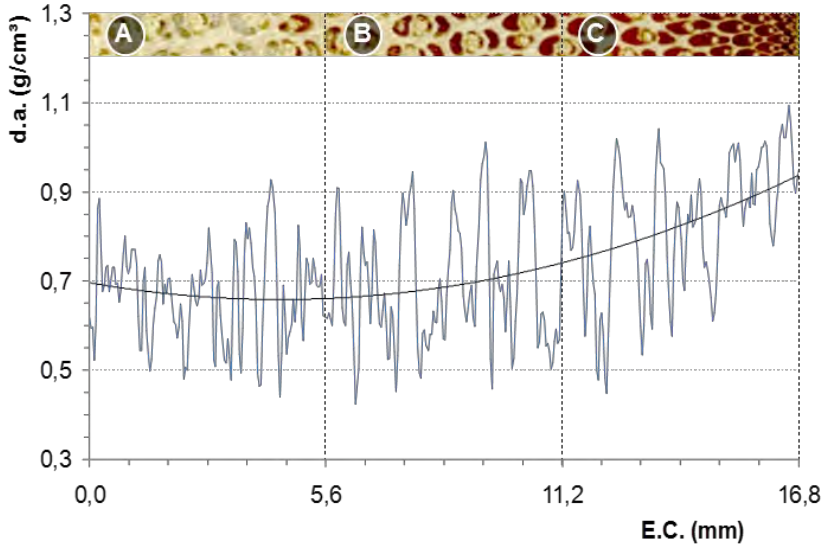


Figura 45. *D. asper*, 2006, amostra 5

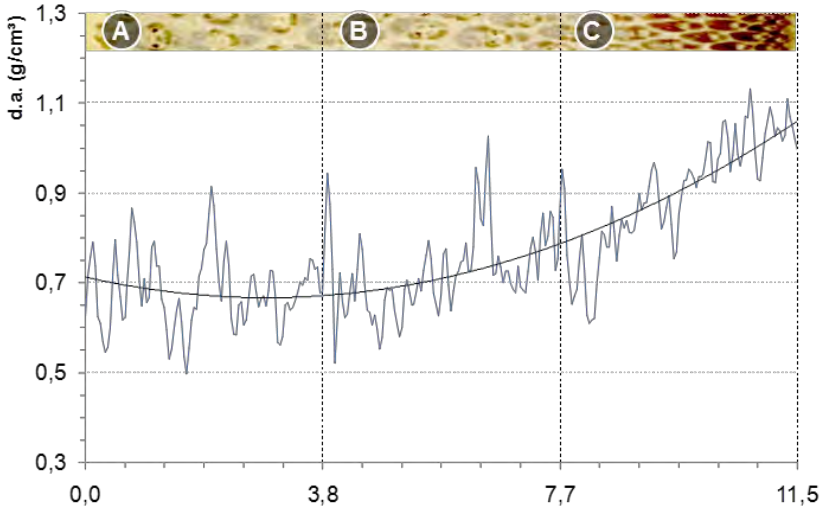


Figura 46. *D. asper*, 2007, amostra 1

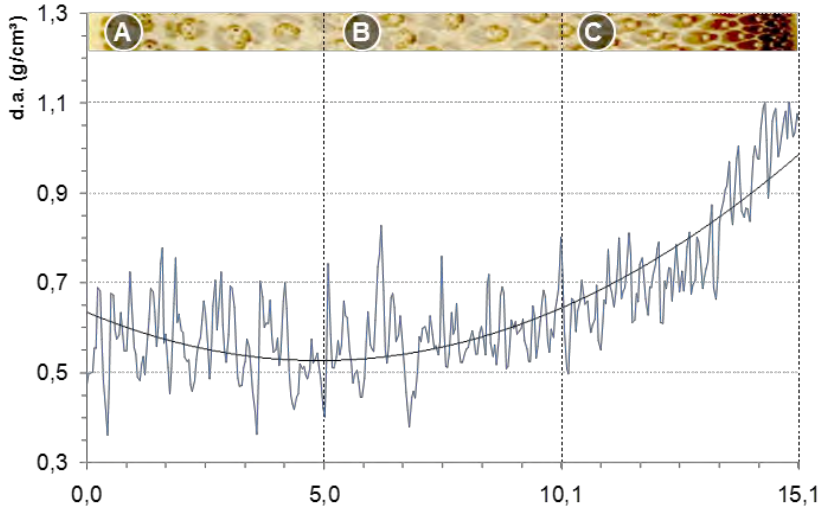


Figura 47. *D. asper*, 2007, amostra 1R

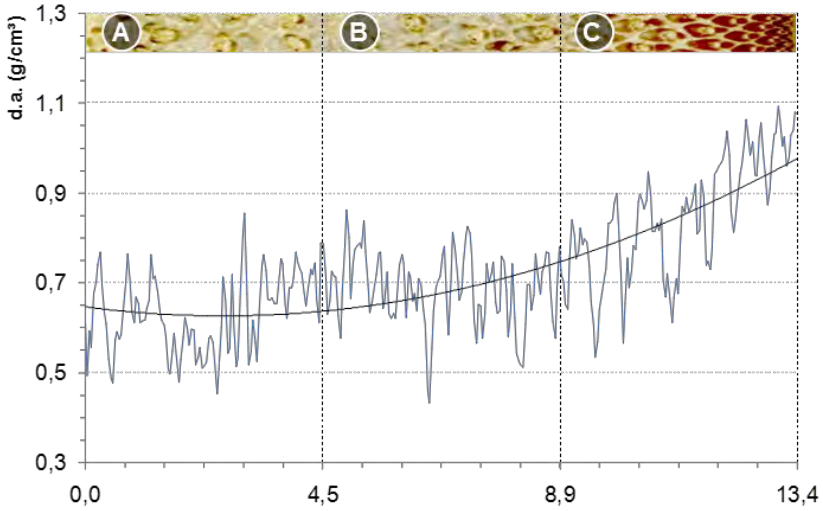


Figura 48. *D. asper*, 2007, amostra 2

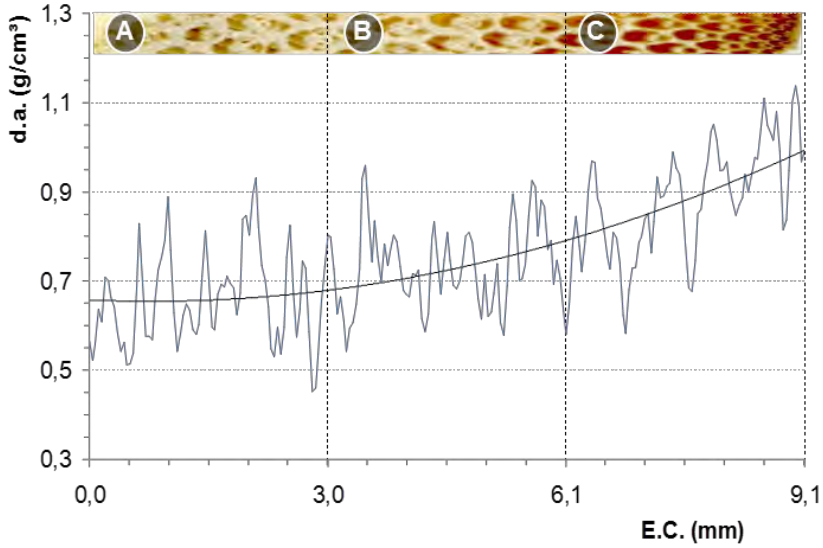


Figura 49. *D. asper*, 2007, amostra 2R

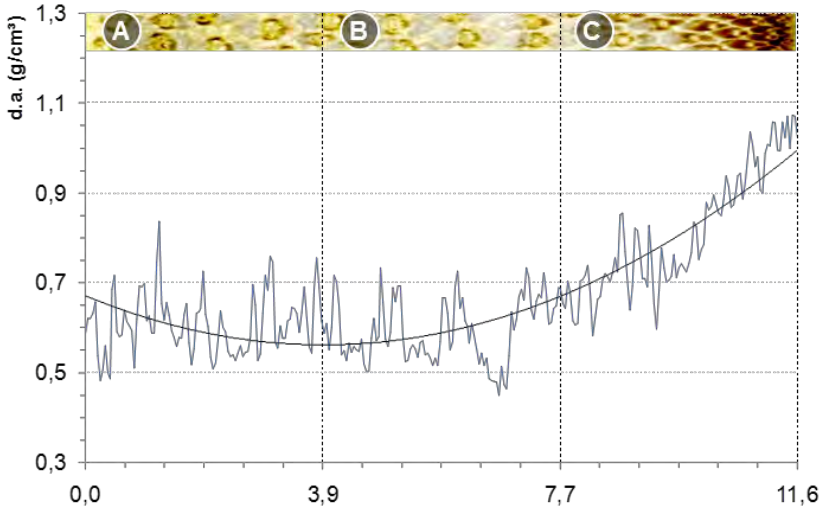


Figura 50. *D. asper*, 2007, amostra 3

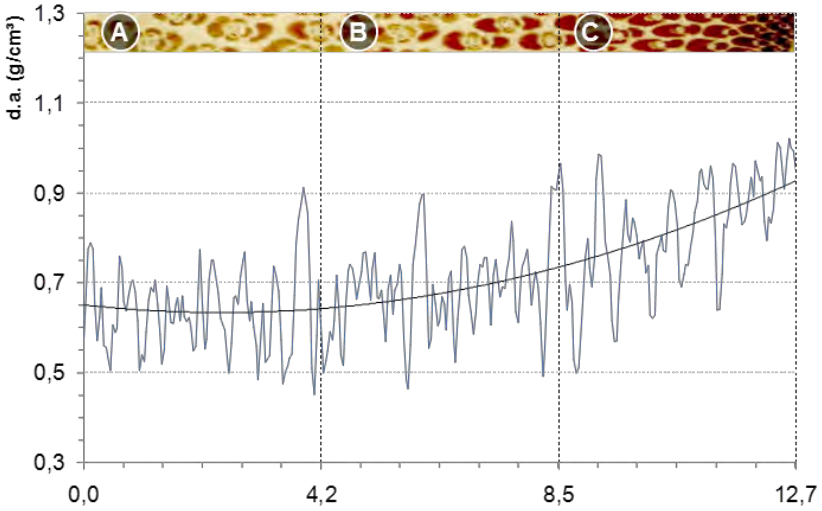


Figura 51. *D. asper*, 2007, amostra 4

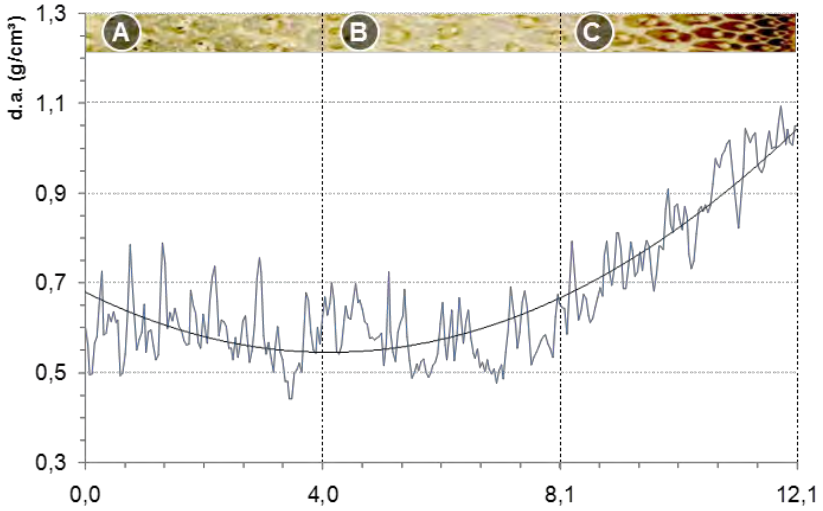


Figura 52. *D. asper*, 2007, amostra 5

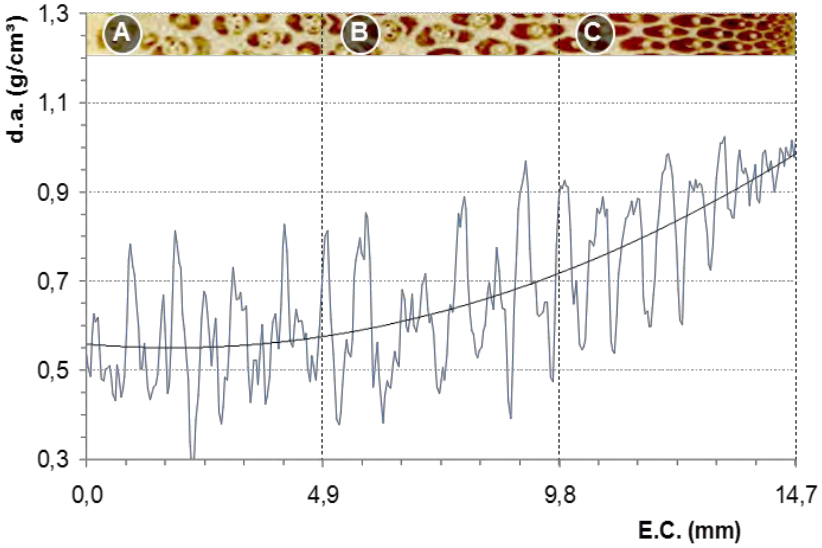


Figura 53. *D. asper*, 2008, amostra 1

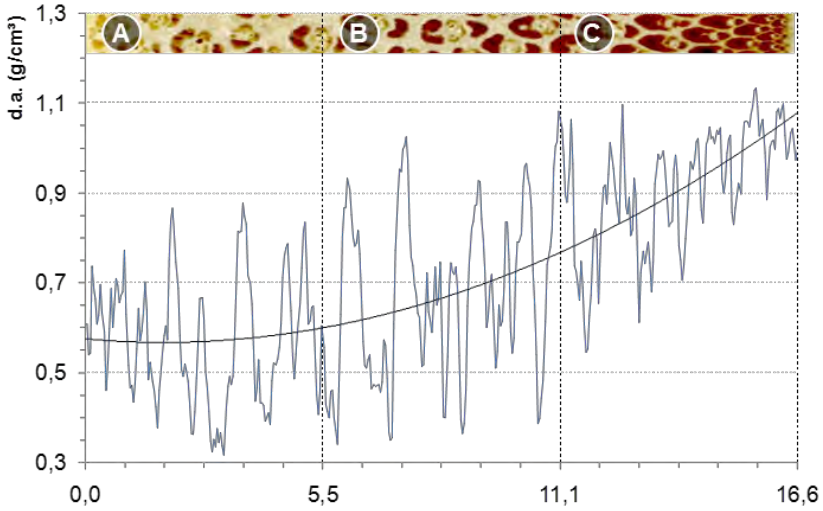


Figura 54. *D. asper*, 2008, amostra 2

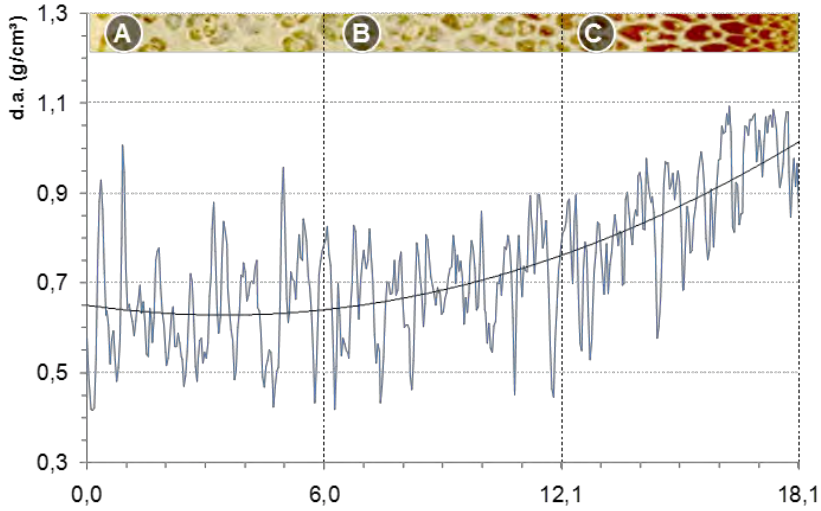


Figura 55. *D. asper*, 2008, amostra 3

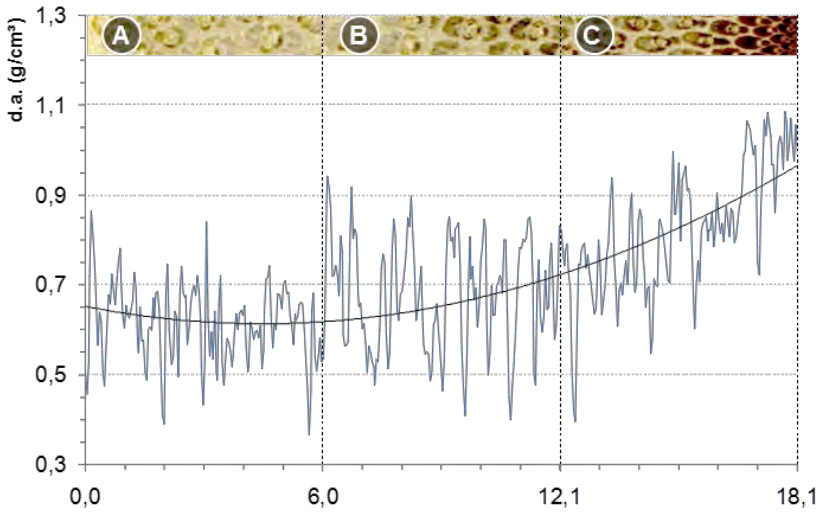


Figura 56. *D. asper*, 2008, amostra 4

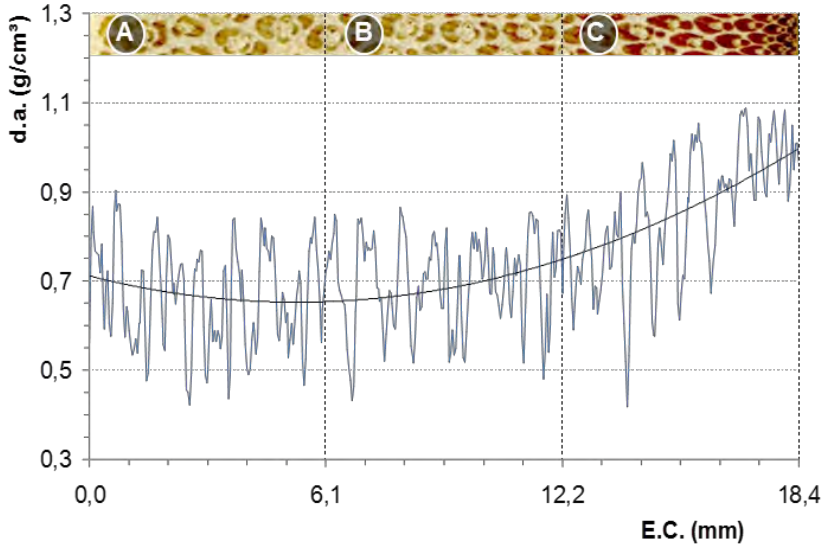


Figura 57. *D. asper*, 2008, amostra 5

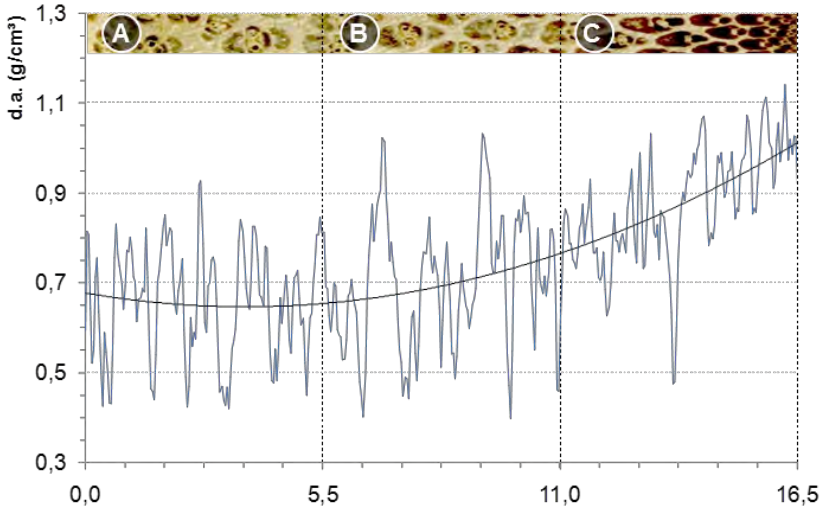


Figura 58. *D. asper*, 2009, amostra 1

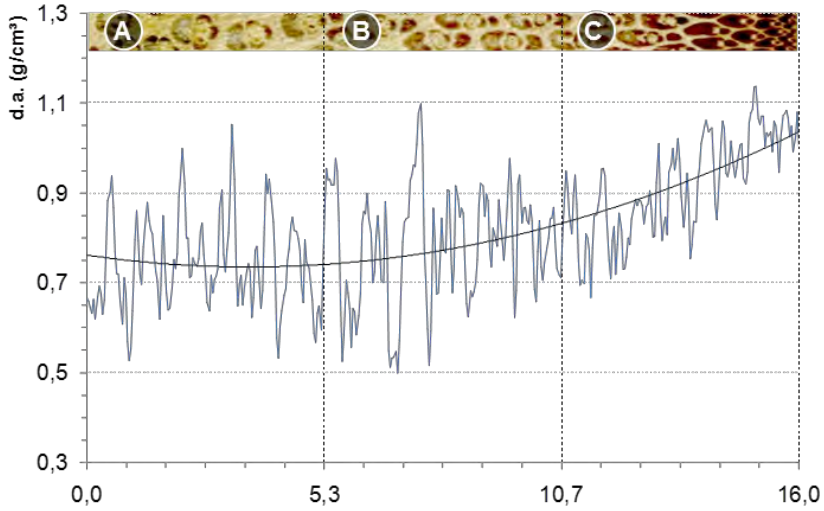


Figura 59. *D. asper*, 2009, amostra 2

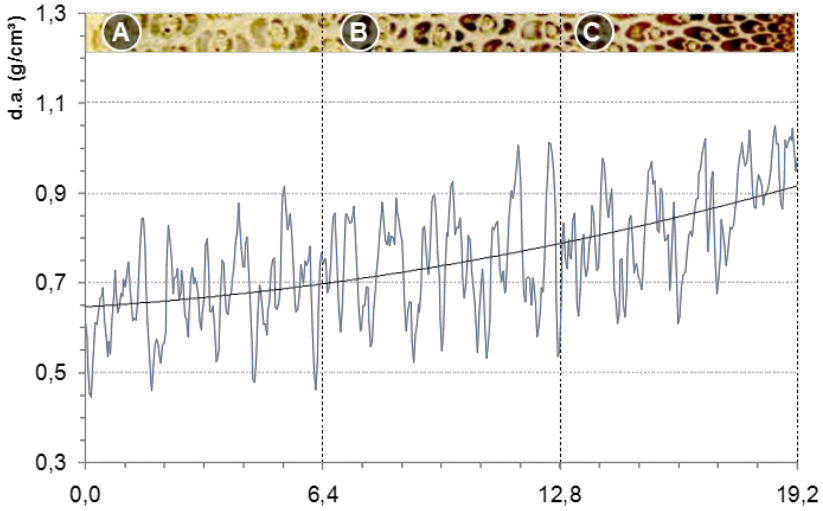


Figura 60. *D. asper*, 2009, amostra 3

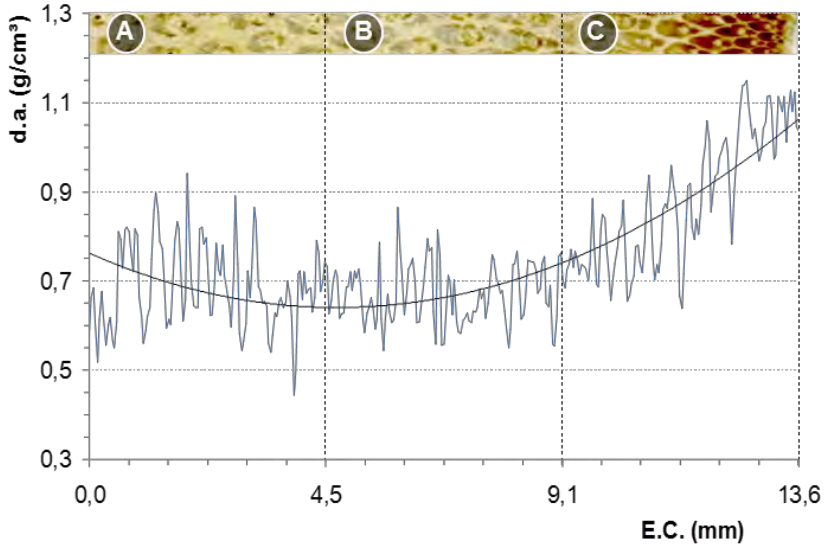


Figura 61. *D. asper*, 2009, amostra 4

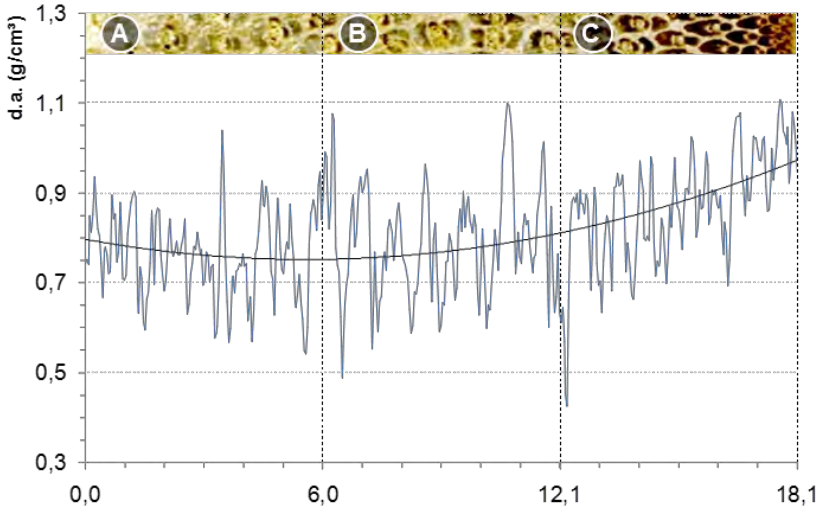


Figura 62. *D. asper*, 2009, amostra 5

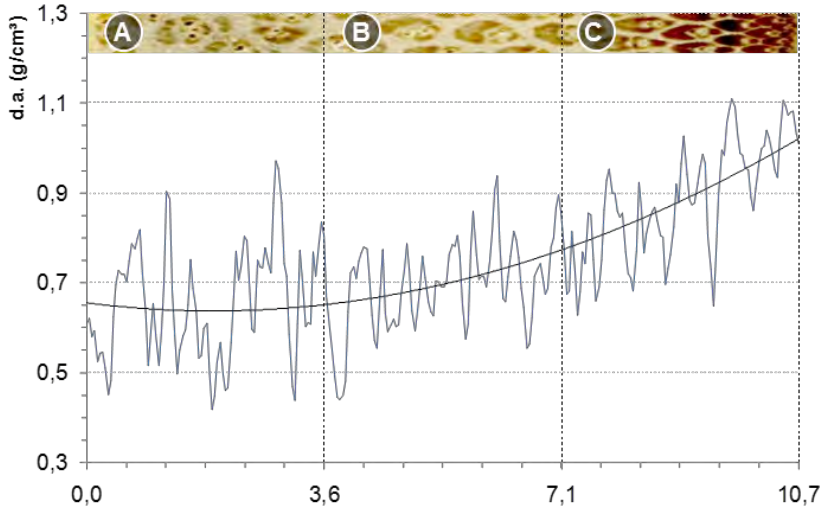


Figura 63. *D. asper*, 2010, amostra 1

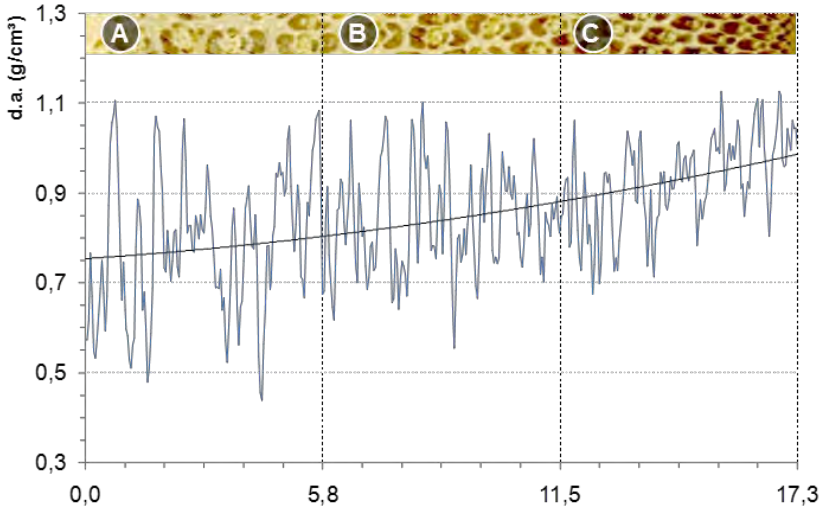


Figura 64. *D. asper*, 2010, amostra 2

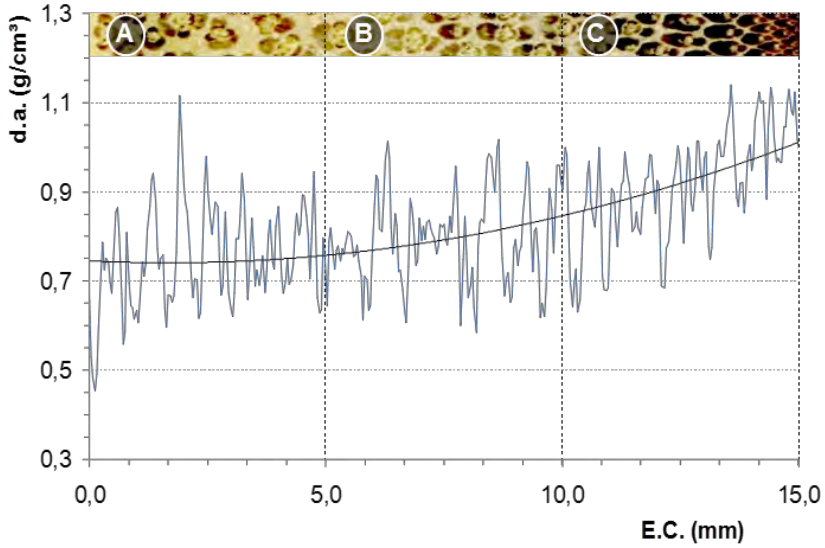


Figura 65. *D. asper*, 2010, amostra 3

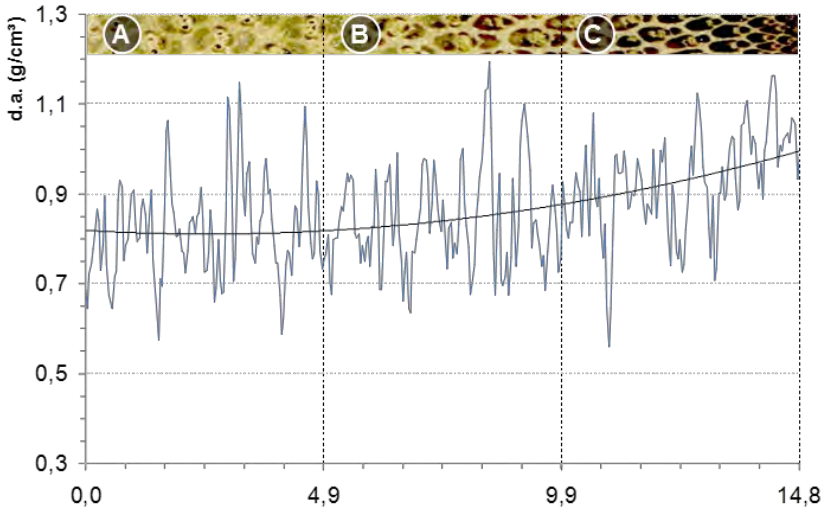


Figura 66. *D. asper*, 2010, amostra 3R

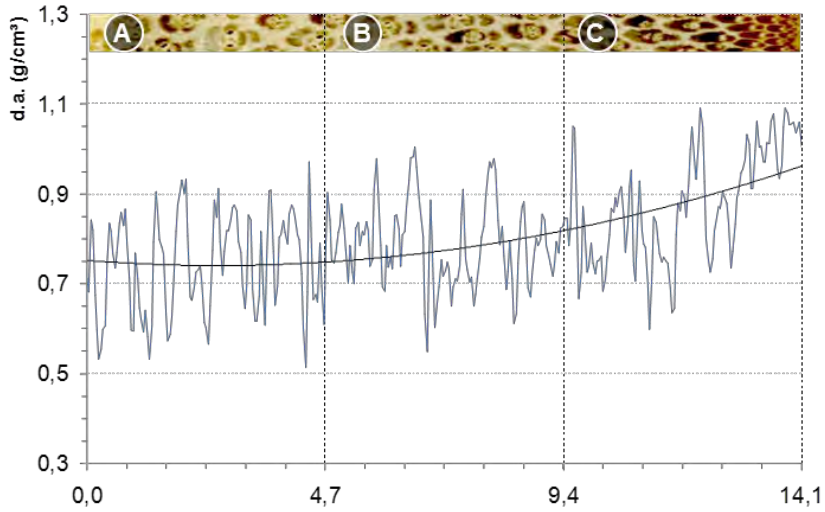


Figura 67. *D. asper*, 2010, amostra 4

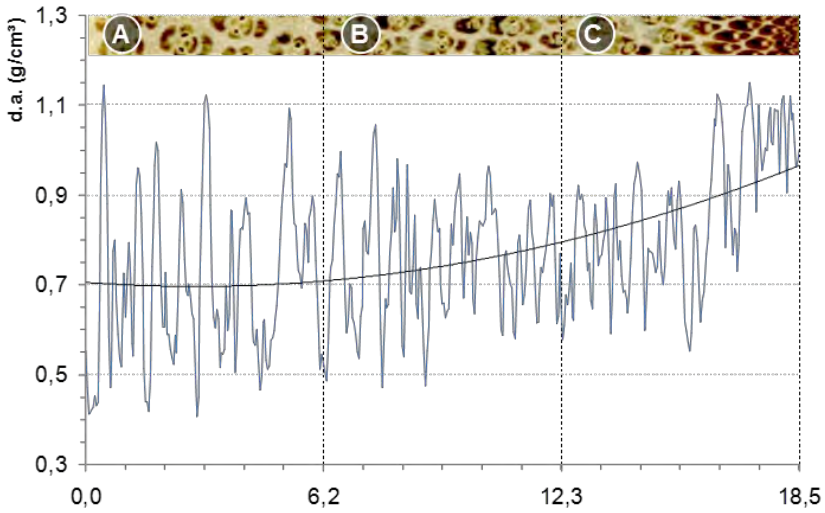


Figura 68. *D. asper*, 2010, amostra 5

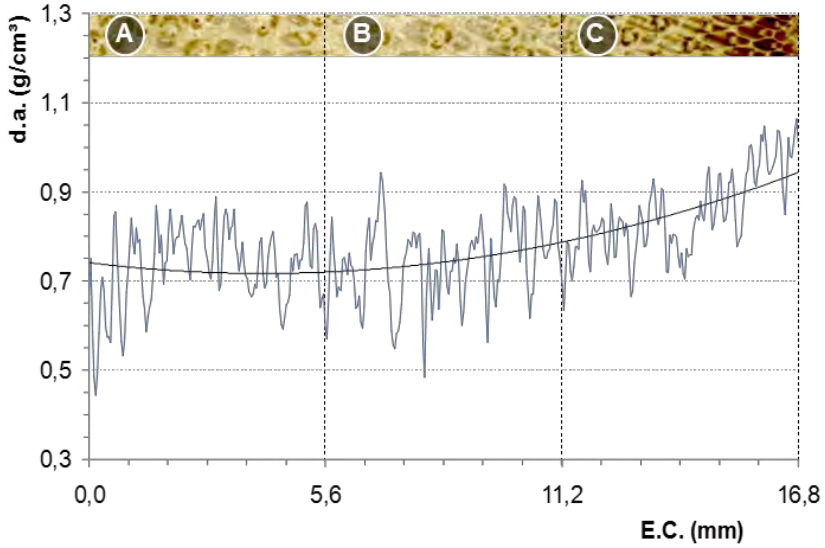


Figura 69. *D. asper*, 2011, amostra 2

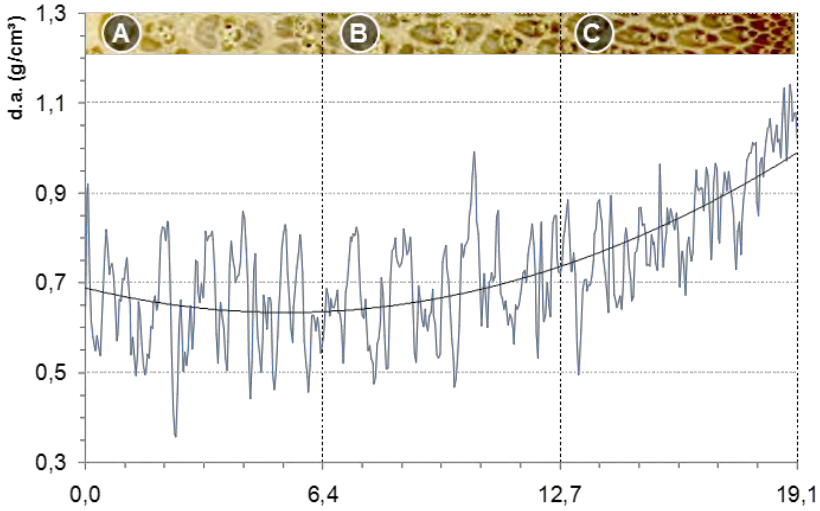


Figura 70. *D. asper*, 2011, amostra 3

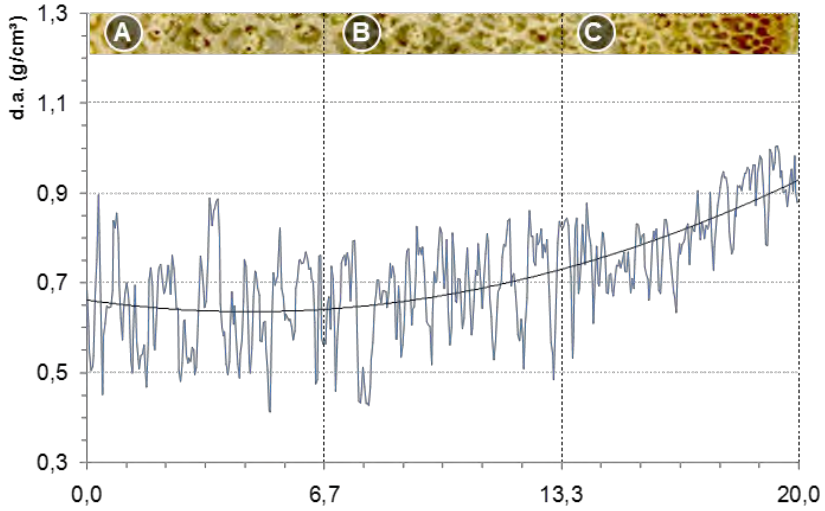


Figura 71. *D. asper*, 2011, amostra 4

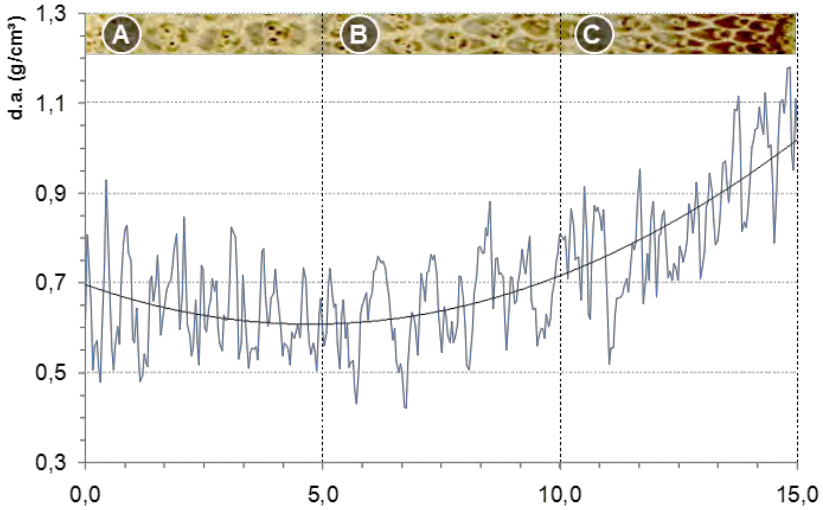


Figura 72. *D. asper*, 2011, amostra 5

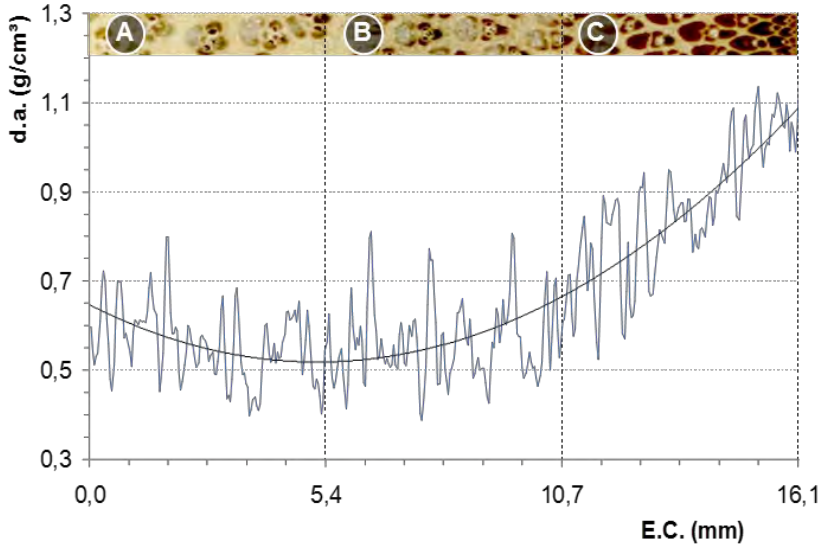


Figura 73. *D. latiflorus*, 2002, amostra 2

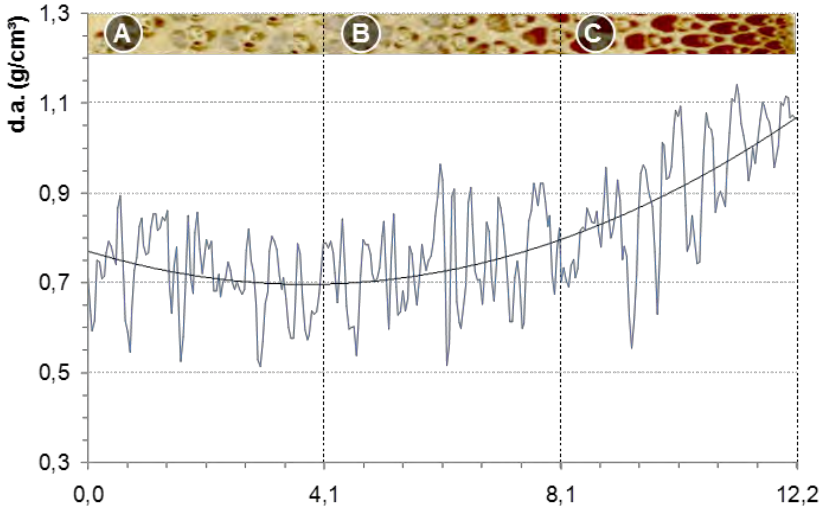


Figura 74. *D. latiflorus*, 2003, amostra 1

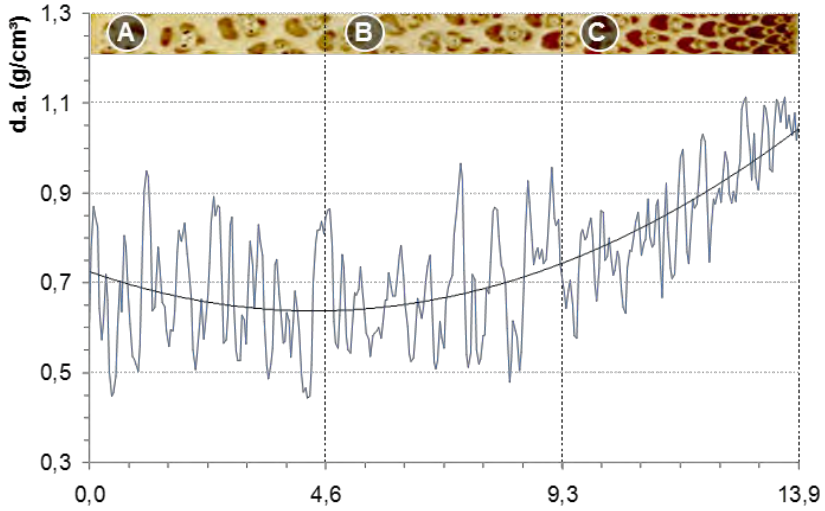


Figura 75. *D. latiflorus*, 2003, amostra 2

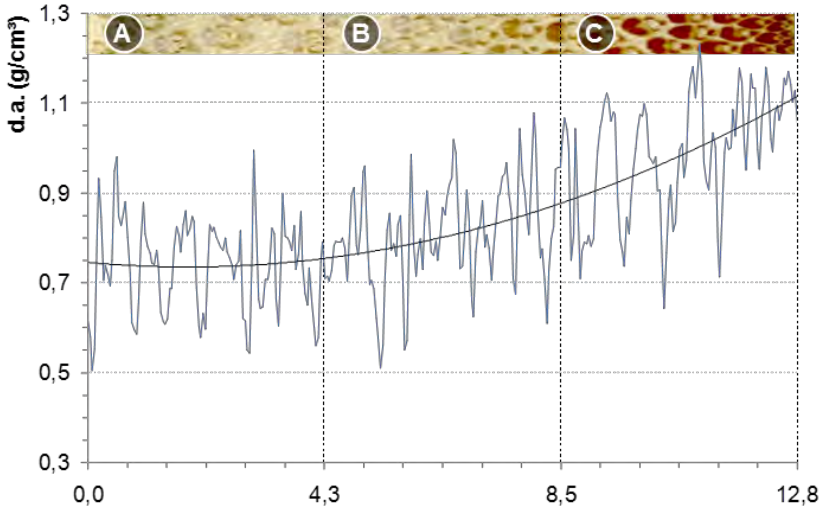


Figura 76. *D. latiflorus*, 2004, amostra 1

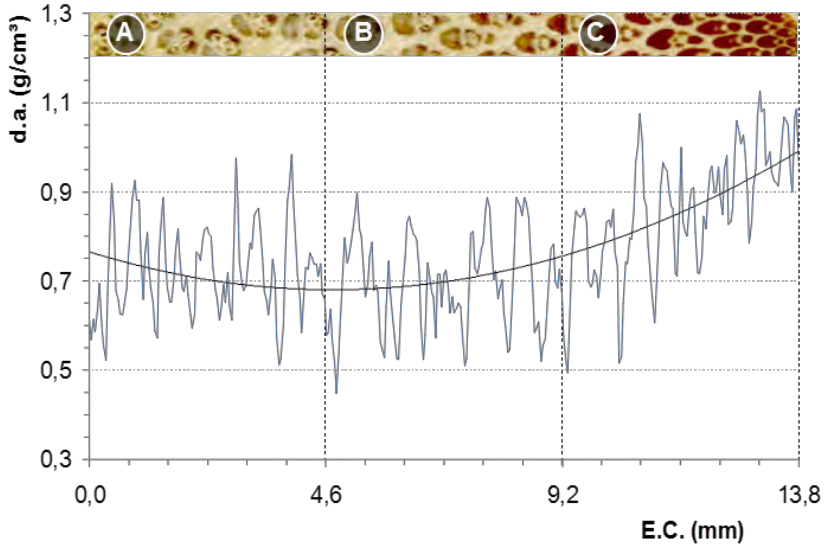


Figura 77. *D. latiflorus*, 2004, amostra 2

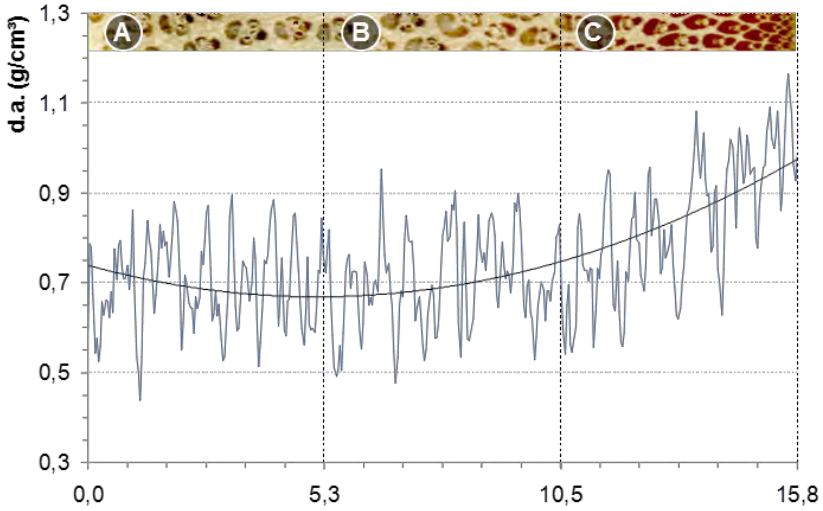


Figura 78. *D. latiflorus*, 2004, amostra 3

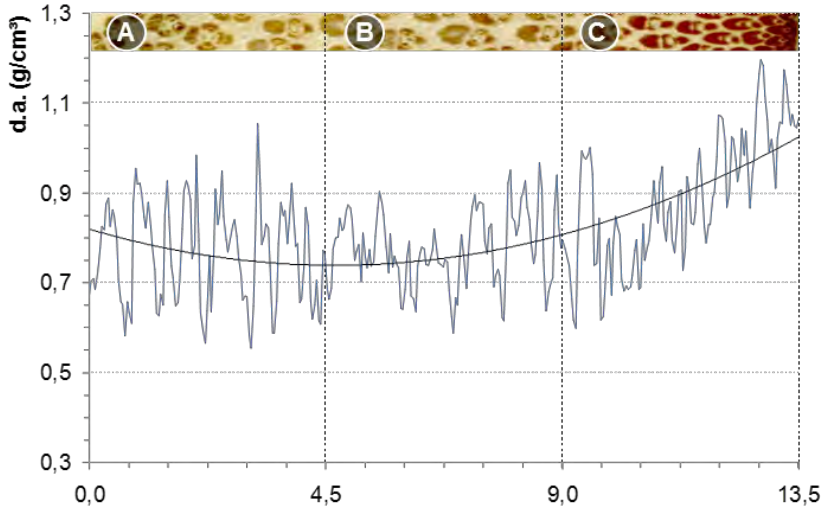


Figura 79. *D. latiflorus*, 2005, amostra 1

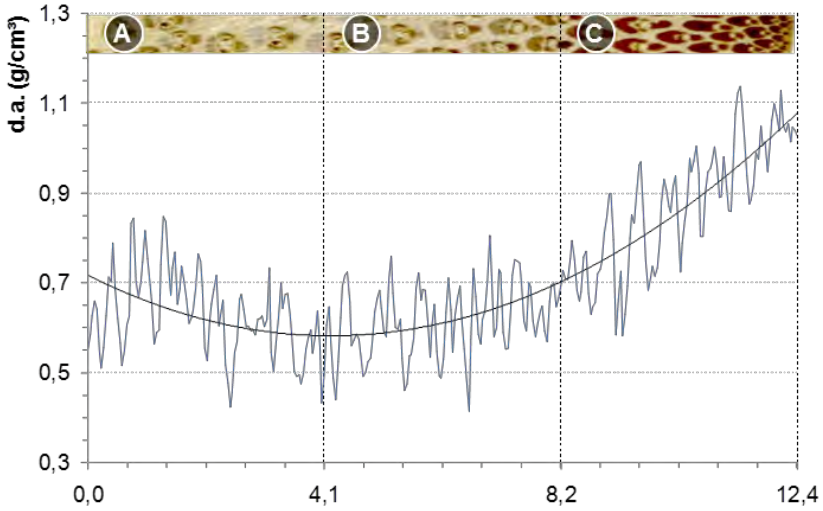


Figura 80. *D. latiflorus*, 2005, amostra 2

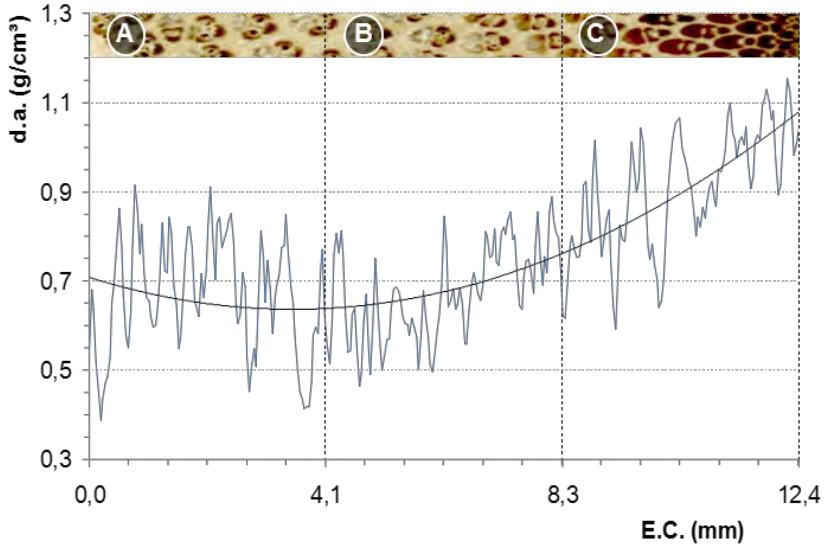


Figura 81. *D. latiflorus*, 2006, amostra 1

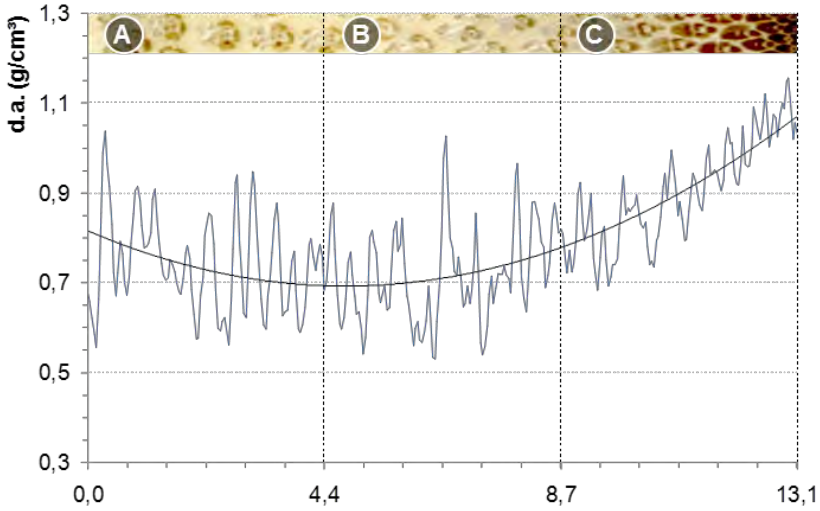


Figura 82. *D. latiflorus*, 2006, amostra 2

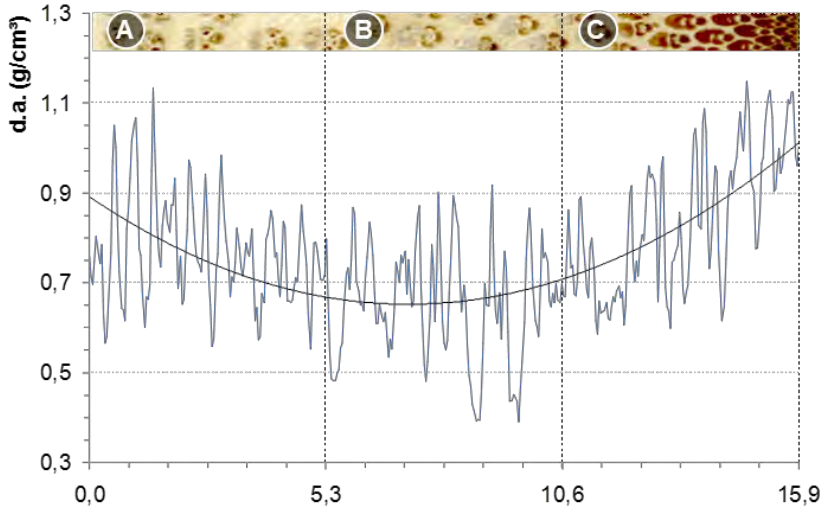


Figura 83. *D. latiflorus*, 2006, amostra 3

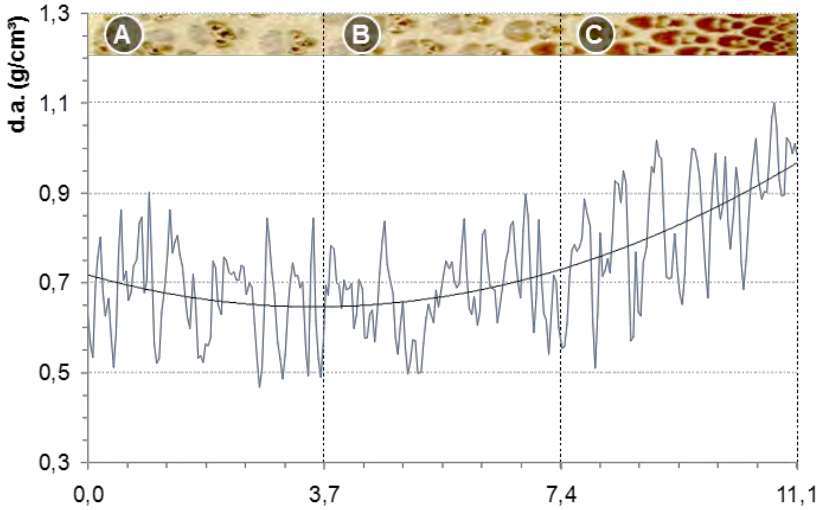


Figura 84. *D. latiflorus*, 2007, amostra 1

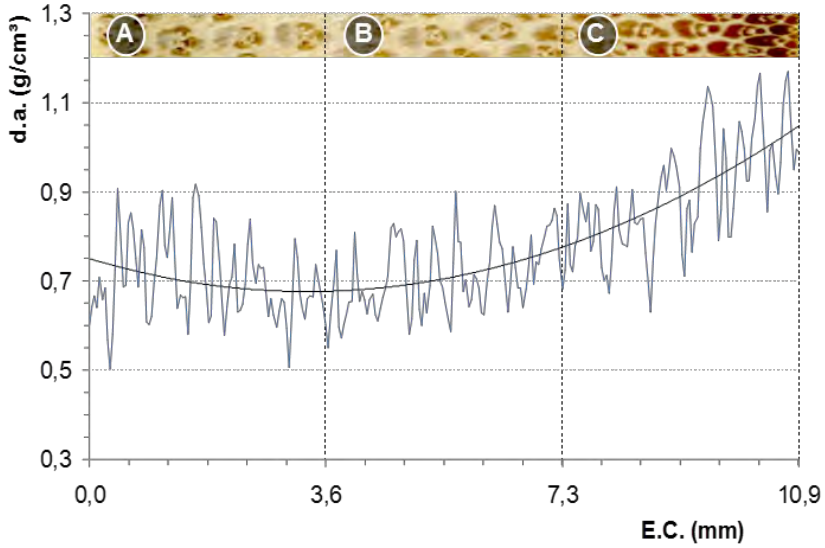


Figura 85. *D. latiflorus*, 2007, amostra 2

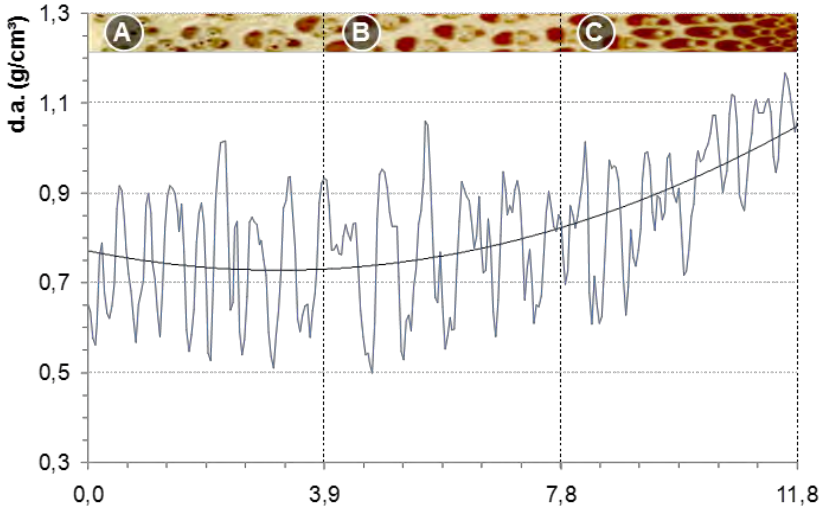


Figura 86. *D. latiflorus*, 2008, amostra 2

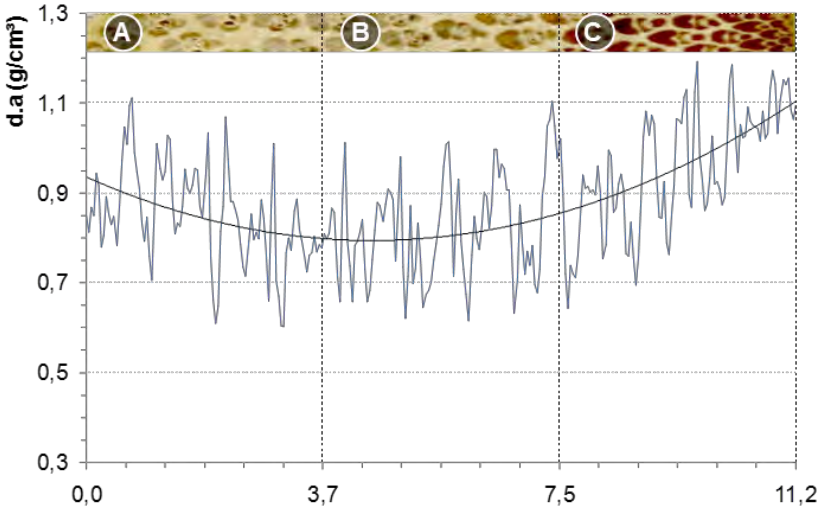


Figura 87. *D. latiflorus*, 2008, amostra 3

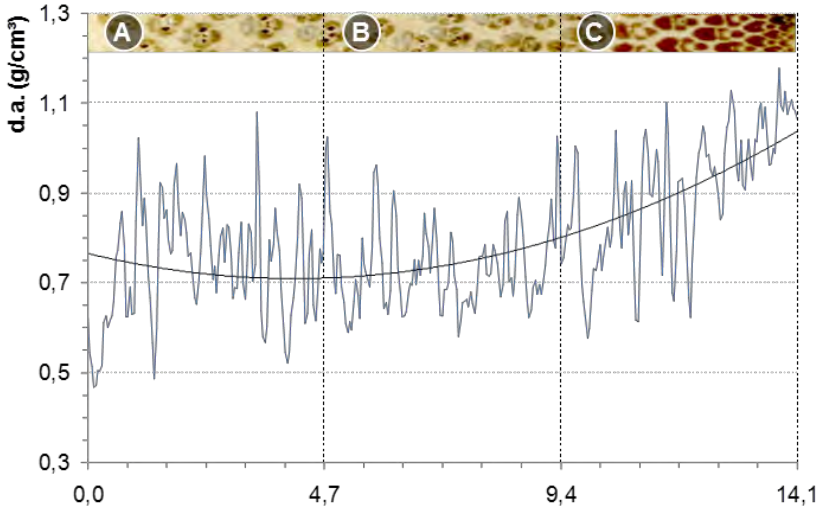


Figura 88. *D. latiflorus*, 2008, amostra 3R

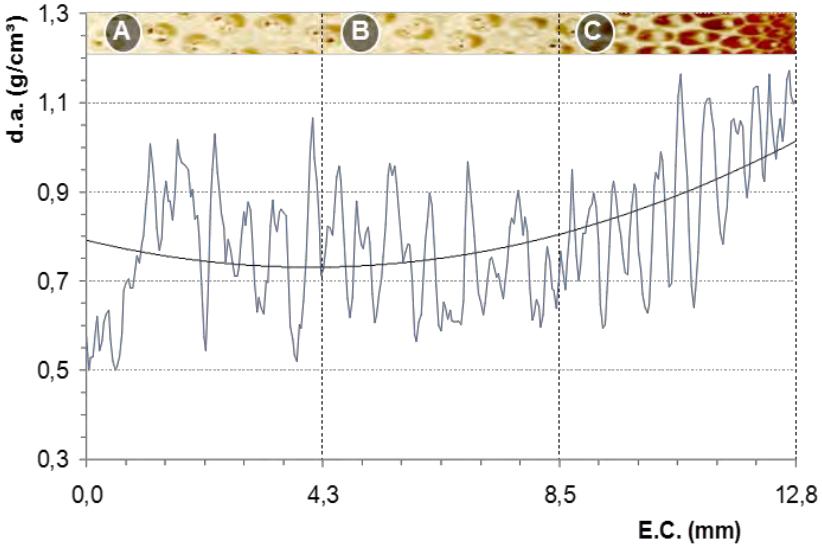


Figura 89. *G. angustifolia*, 2006, amostra 1

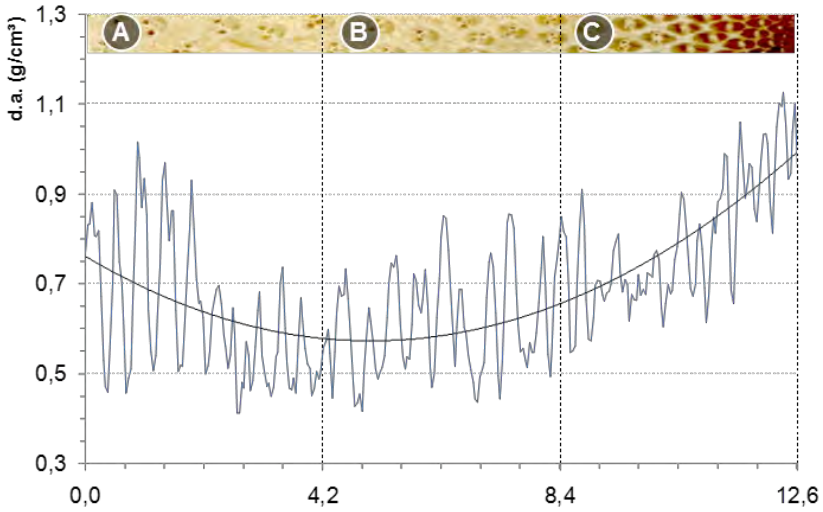


Figura 90. *G. angustifolia* , 2006, amostra 1R

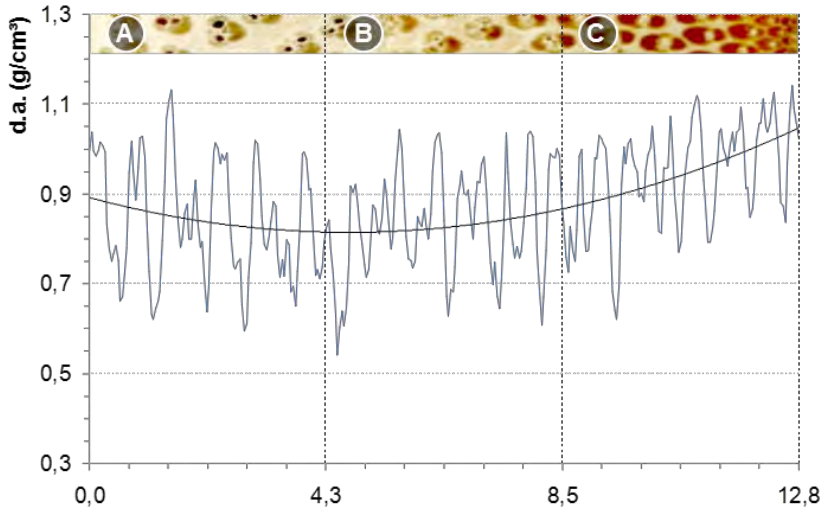


Figura 91. *G. angustifolia*, 2006, amostra 2

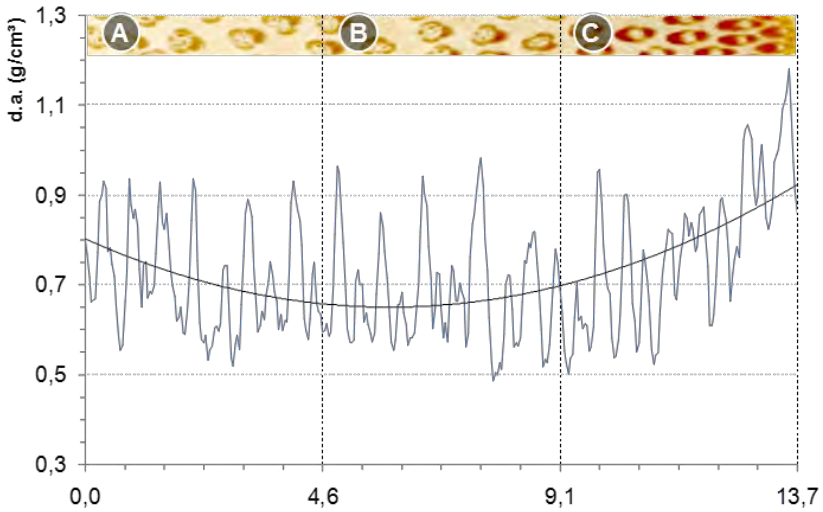


Figura 92. *G. angustifolia*, 2006, amostra 4

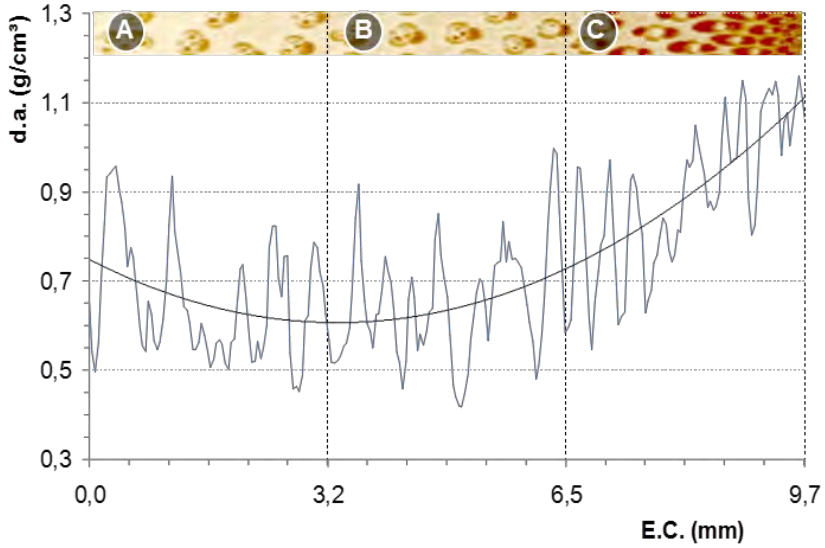


Figura 93. *G. angustifolia*, 2006, amostra 5

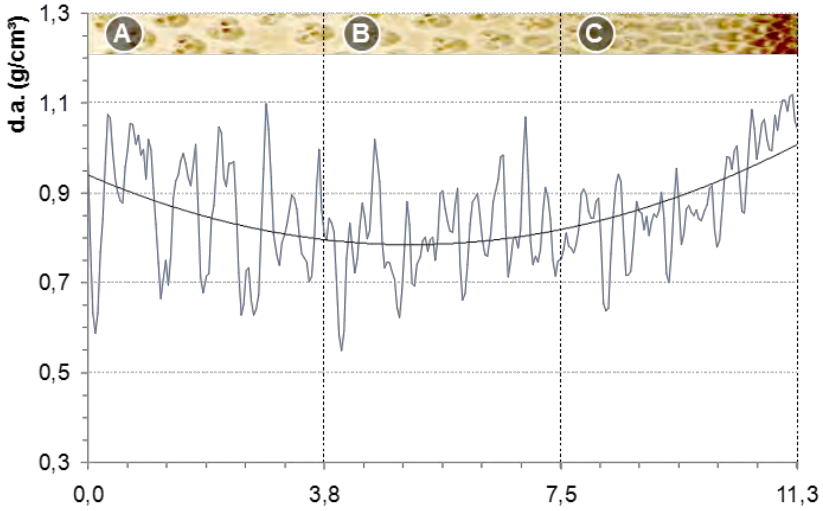


Figura 94. *G. angustifolia* , 2007, amostra 1

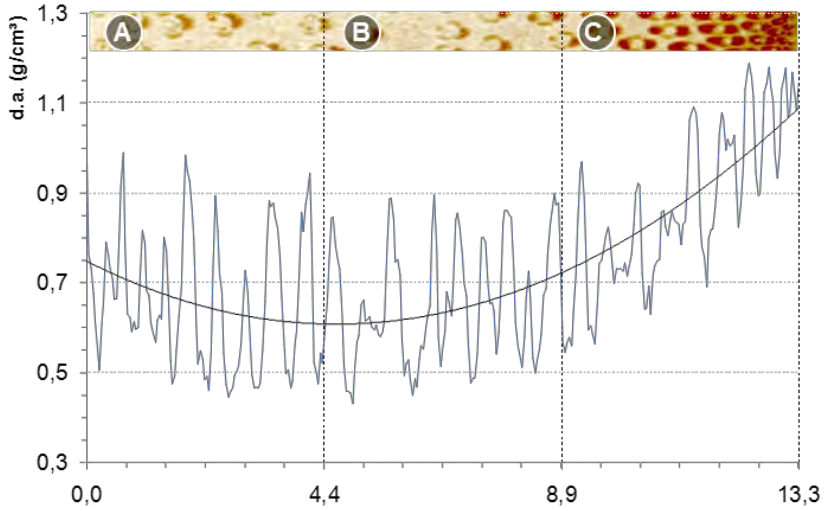


Figura 95. *G. angustifolia*, 2007, amostra 2

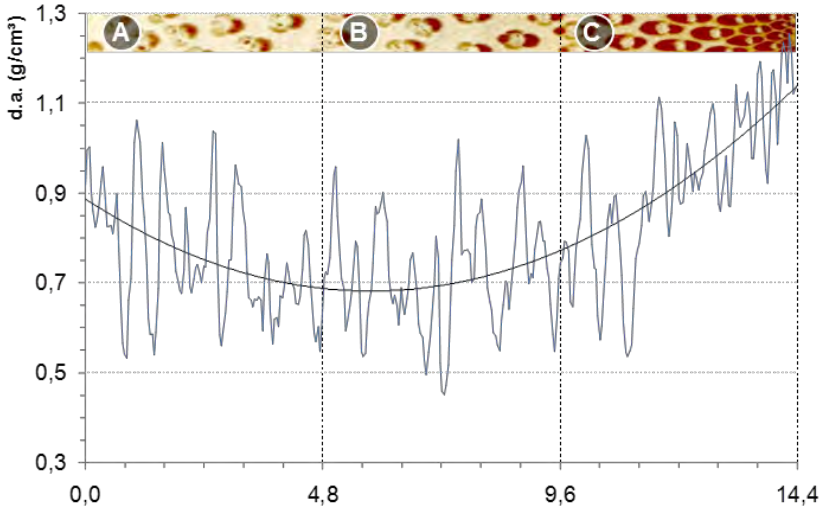


Figura 96. *G. angustifolia*, 2007, amostra 3

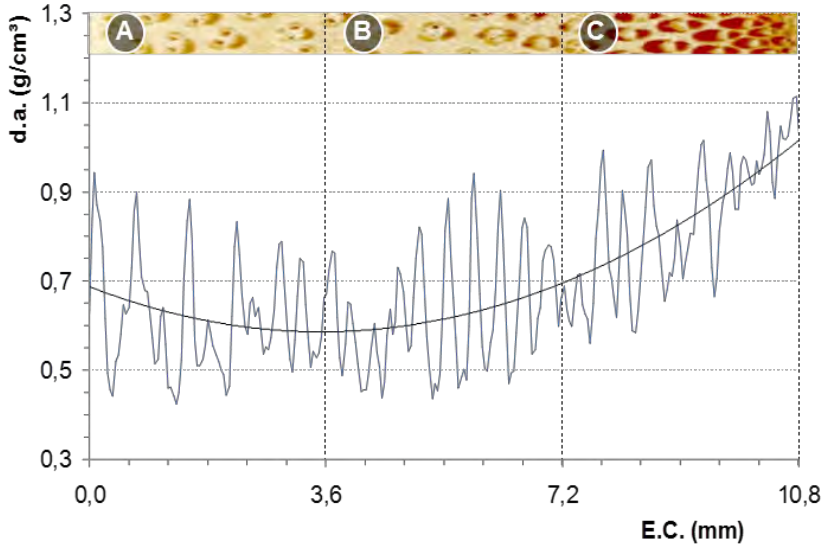


Figura 97. *G. angustifolia*, 2007, amostra 4

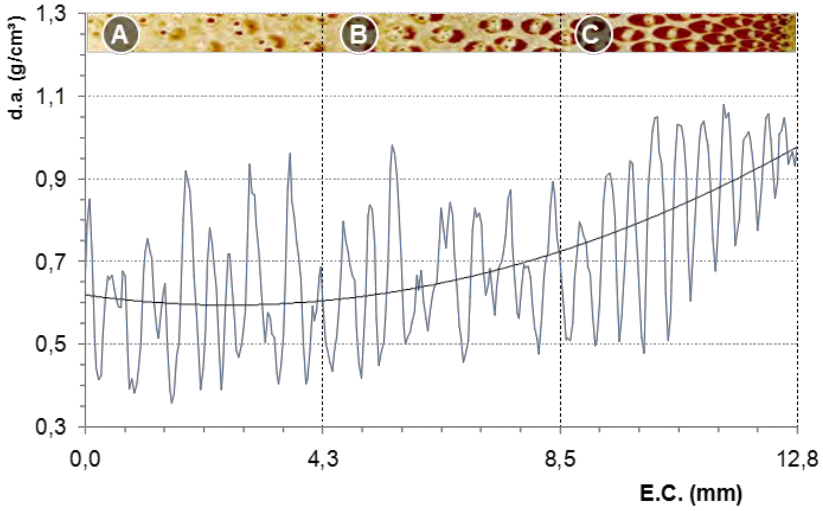


Figura 98. *G. angustifolia* , 2007, amostra 4R

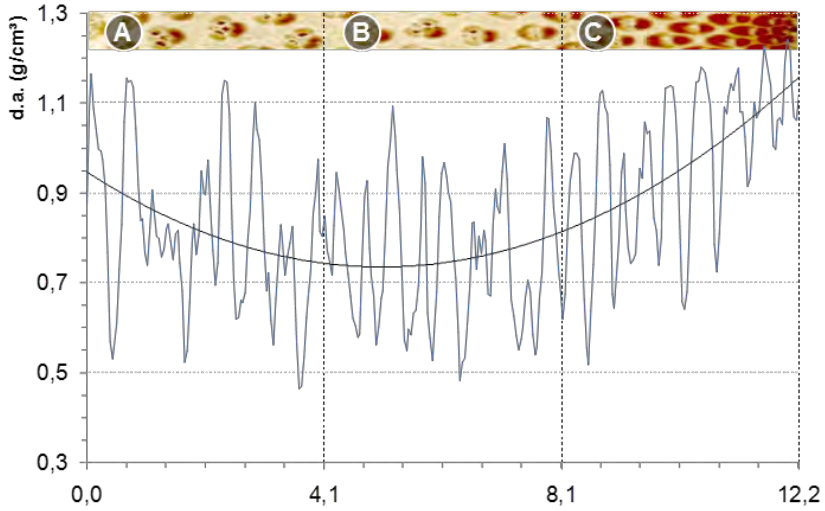


Figura 99. *G. angustifolia*, 2007, amostra 5

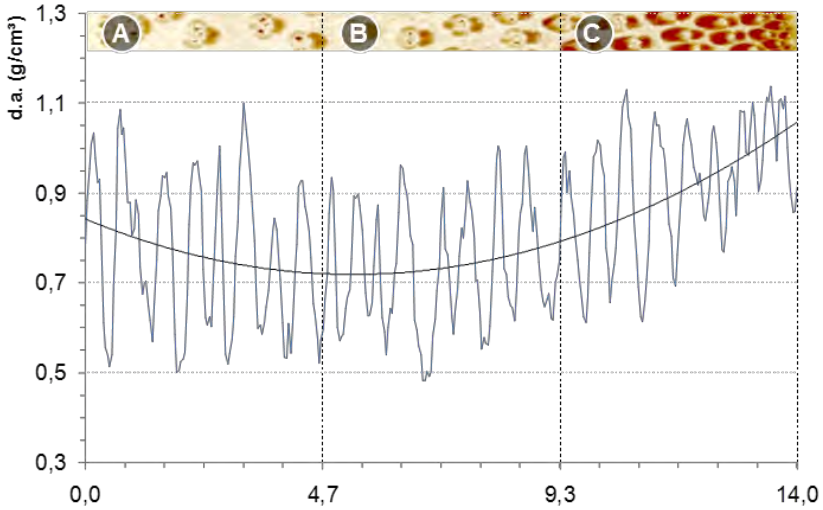


Figura 100. *G. angustifolia*, 2008, amostra 1

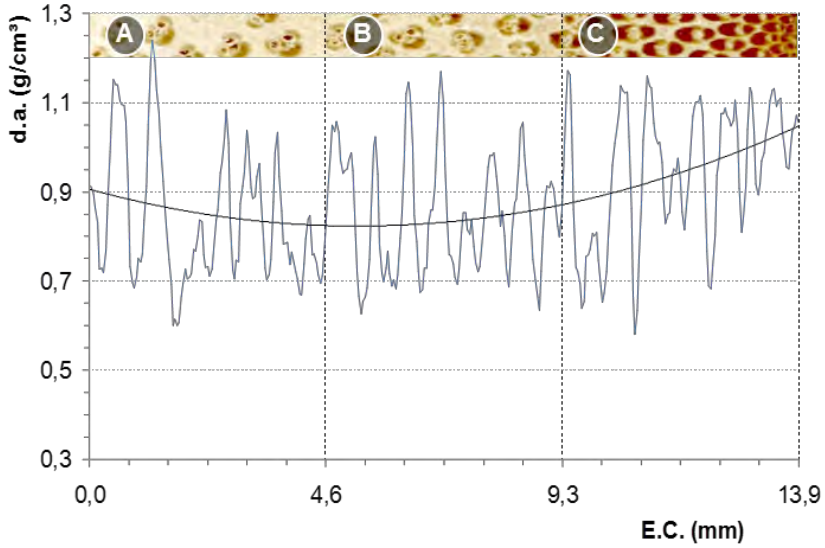


Figura 101. *G. angustifolia*, 2008, amostra 1R

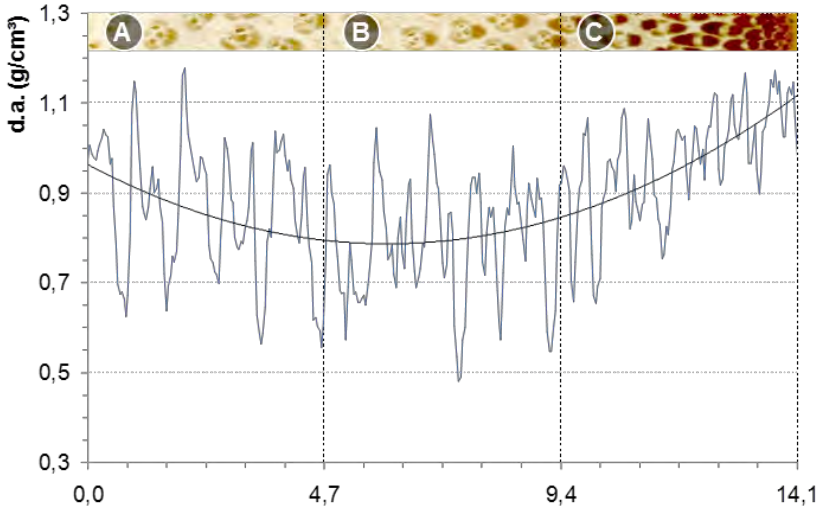


Figura 102. *G. angustifolia* , 2008, amostra 2

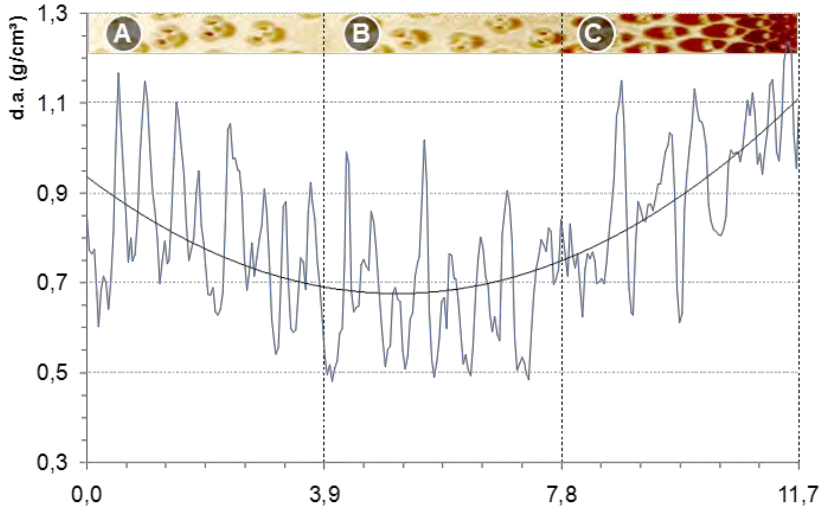


Figura 103. *G. angustifolia*, 2008, amostra 3

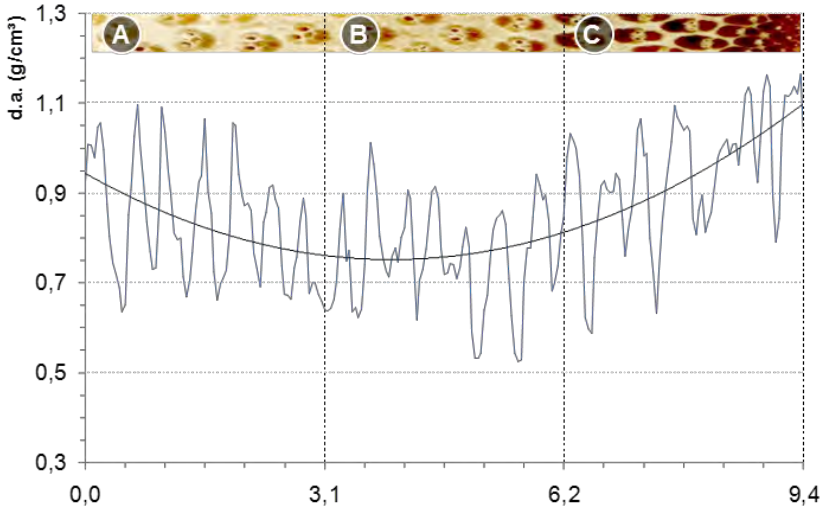


Figura 104. *G. angustifolia*, 2008, amostra 4

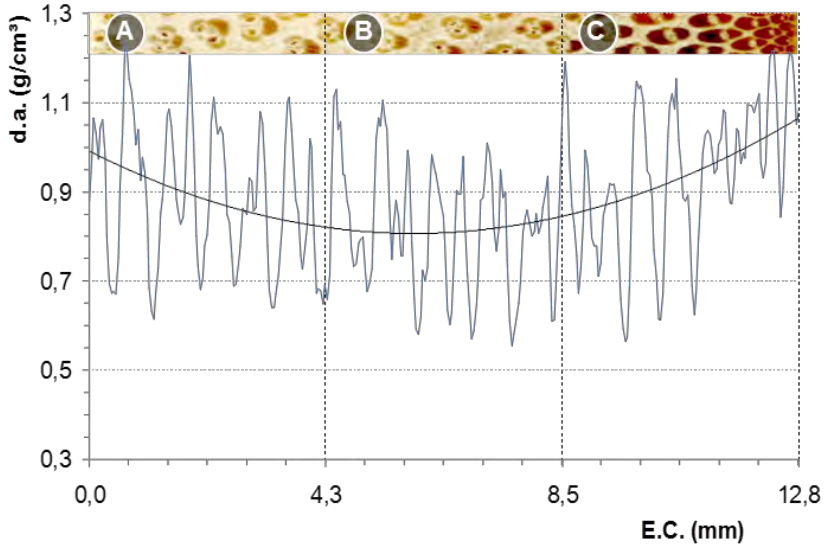


Figura 105. *G. angustifolia*, 2008, amostra 5

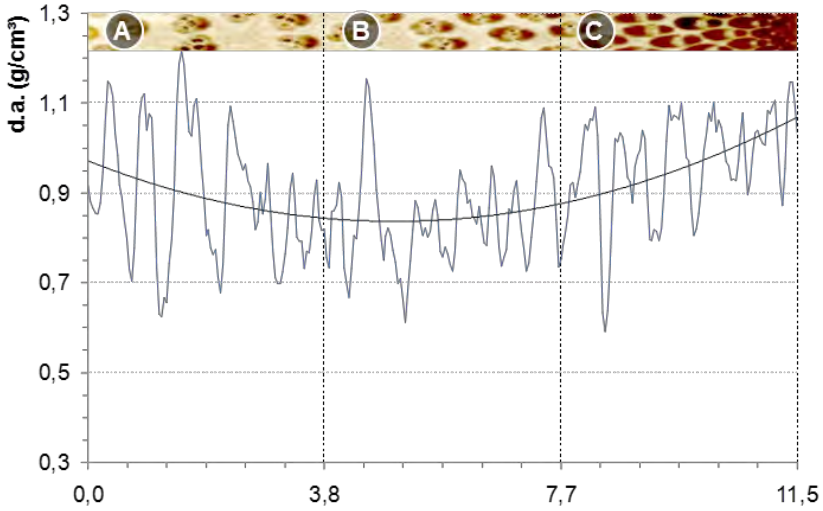


Figura 106. *G. angustifolia* , 2009, amostra 1

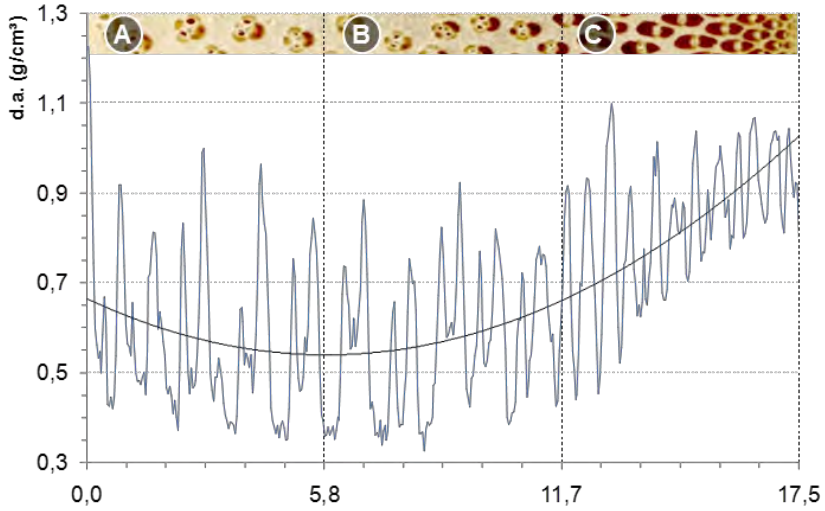


Figura 107. *G. angustifolia*, 2009, amostra 1R

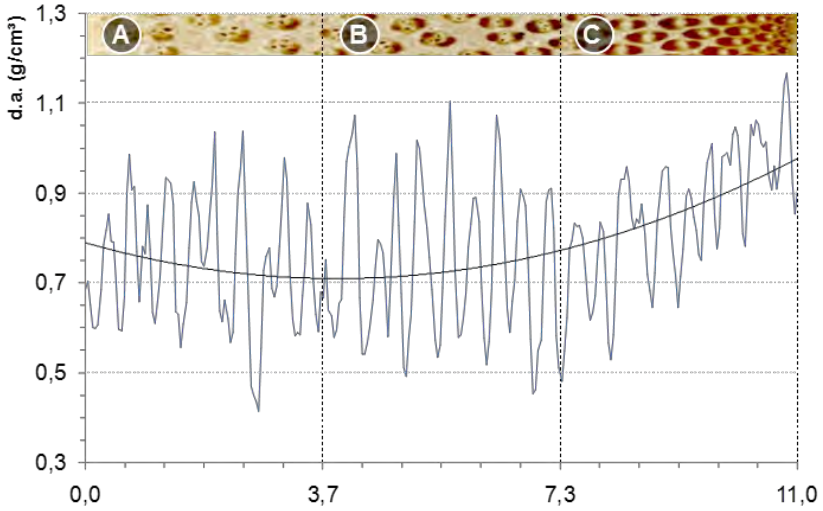


Figura 108. *G. angustifolia*, 2009, amostra 2

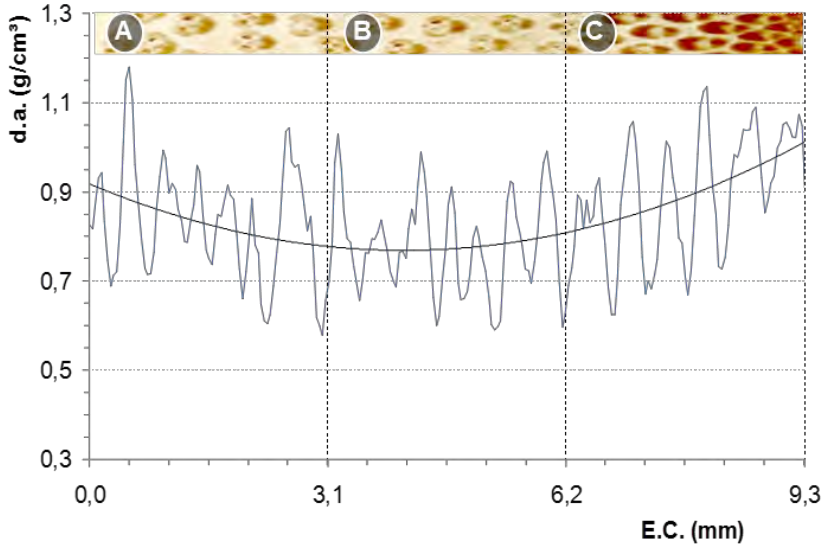


Figura 109. *G. angustifolia*, 2009, amostra 2R

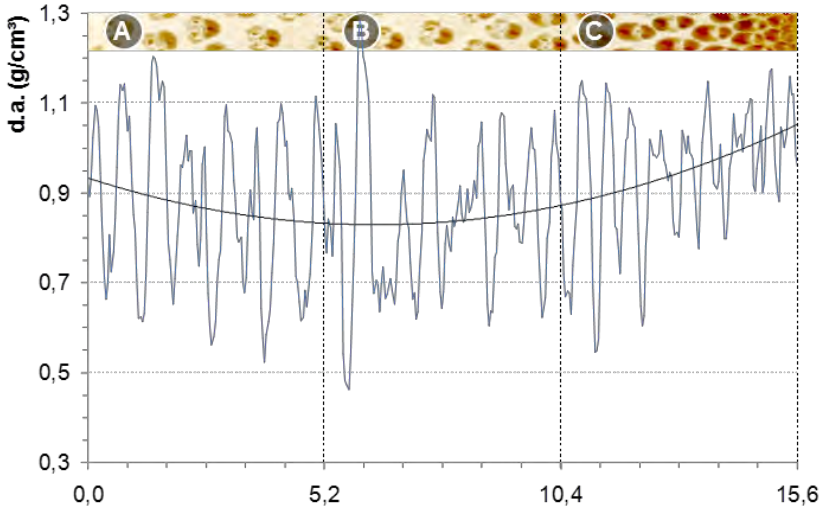


Figura 110. *G. angustifolia* , 2009, amostra 3

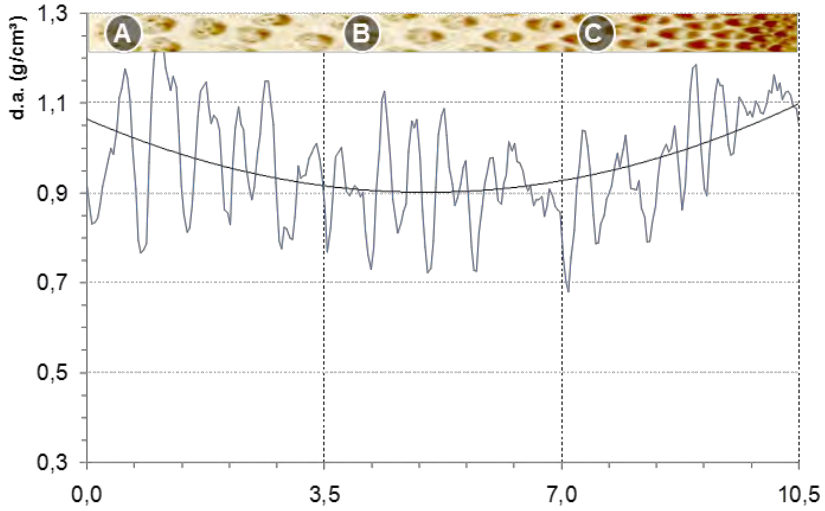


Figura 111. *G. angustifolia*, 2009, amostra 4

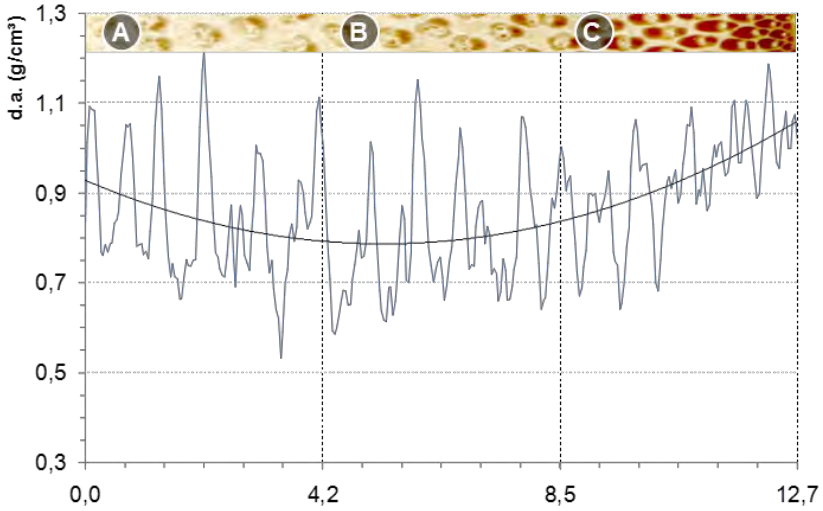


Figura 112. *G. angustifolia*, 2009, amostra 5

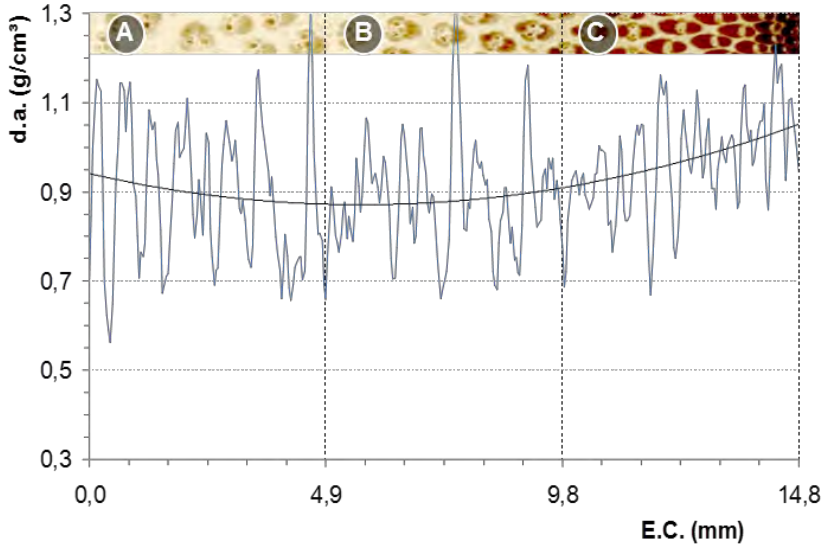


Figura 113. *G. angustifolia*, 2010, amostra 1

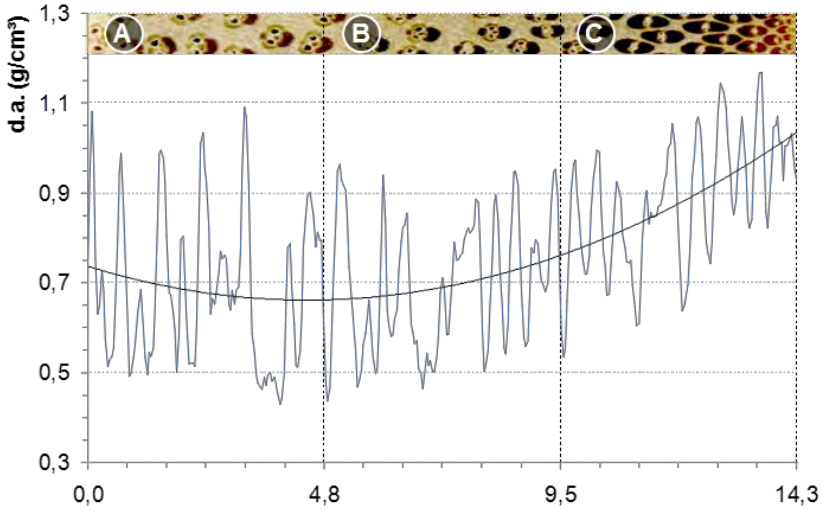


Figura 114. *G. angustifolia* , 2010, amostra 1R

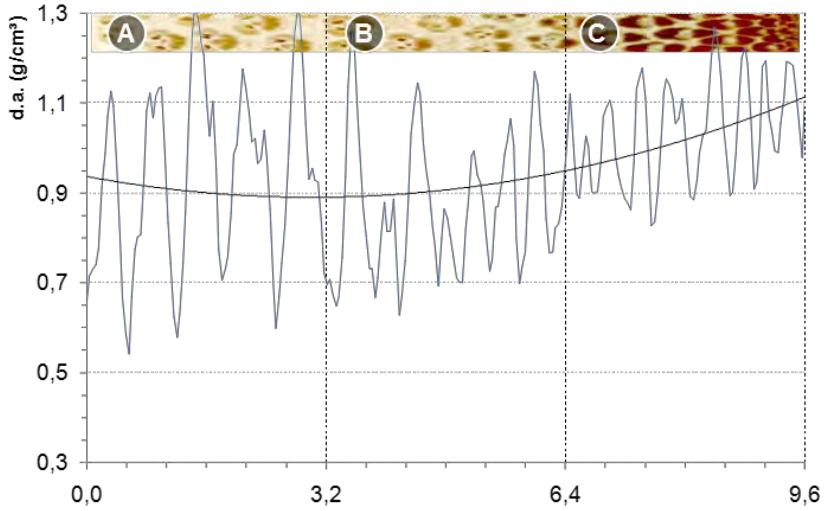


Figura 115. *G. angustifolia*, 2010, amostra 2

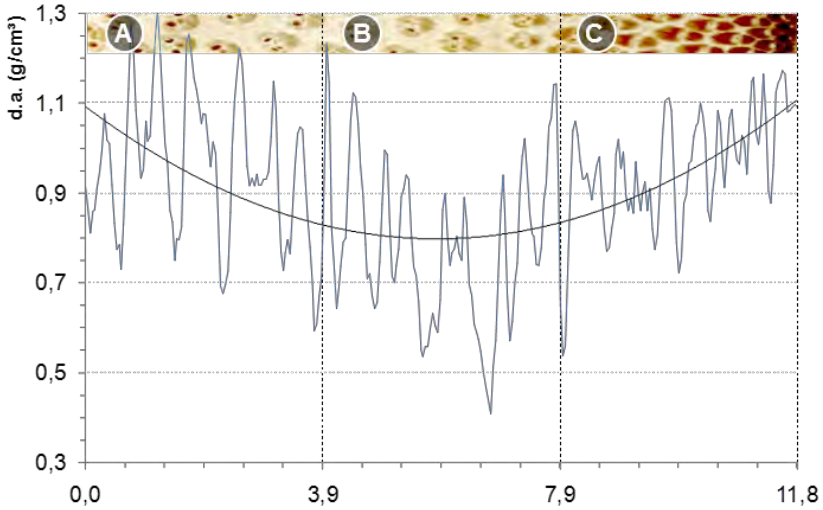


Figura 116. *G. angustifolia*, 2010, amostra 3

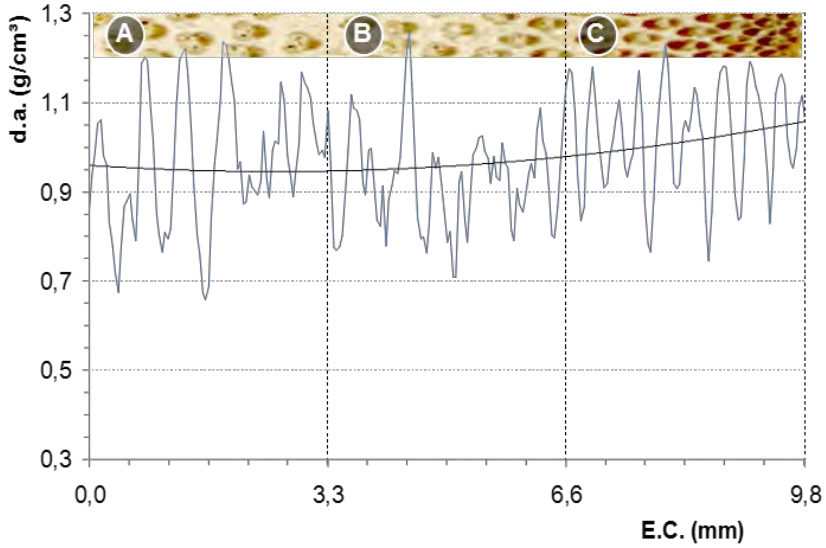


Figura 117. *G. angustifolia*, 2010, amostra 4

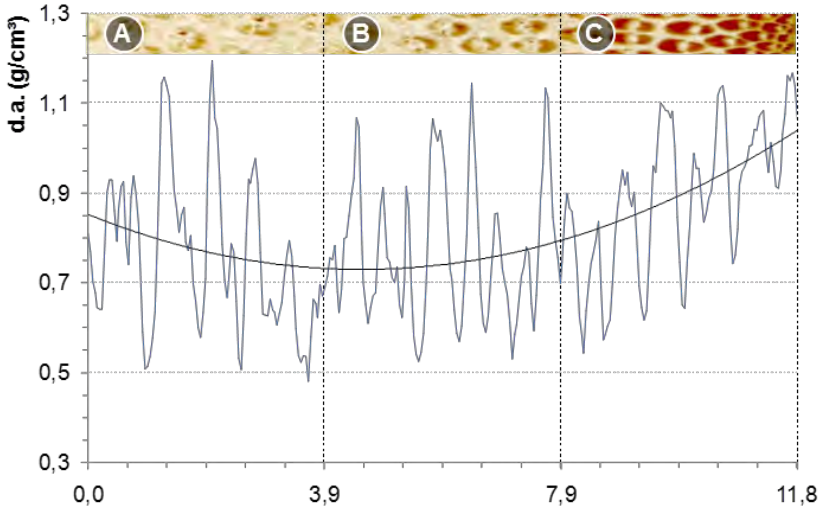


Figura 118. *G. angustifolia* , 2010, amostra 5

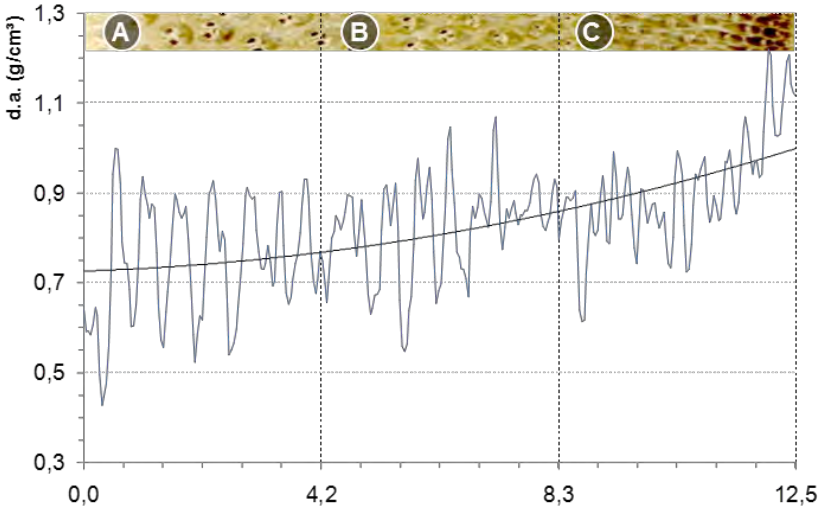


Figura 119. *G. angustifolia*, 2011, amostra 1

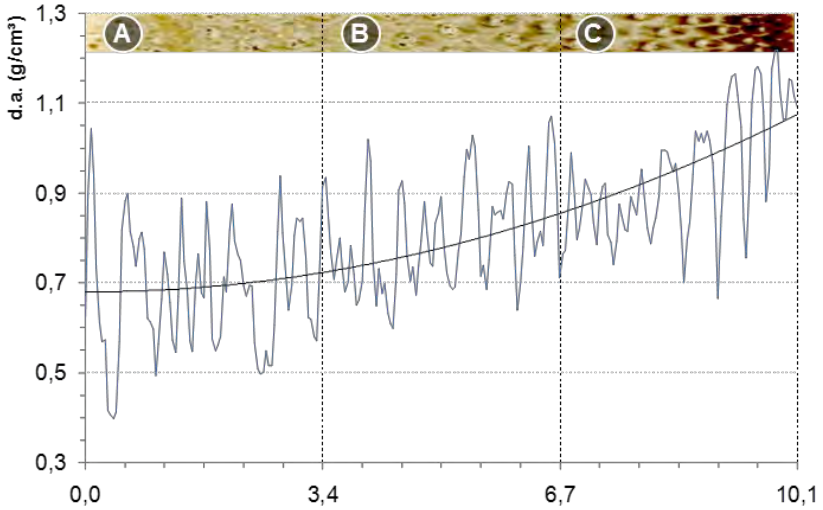


Figura 120. *G. angustifolia*, 2011, amostra 3

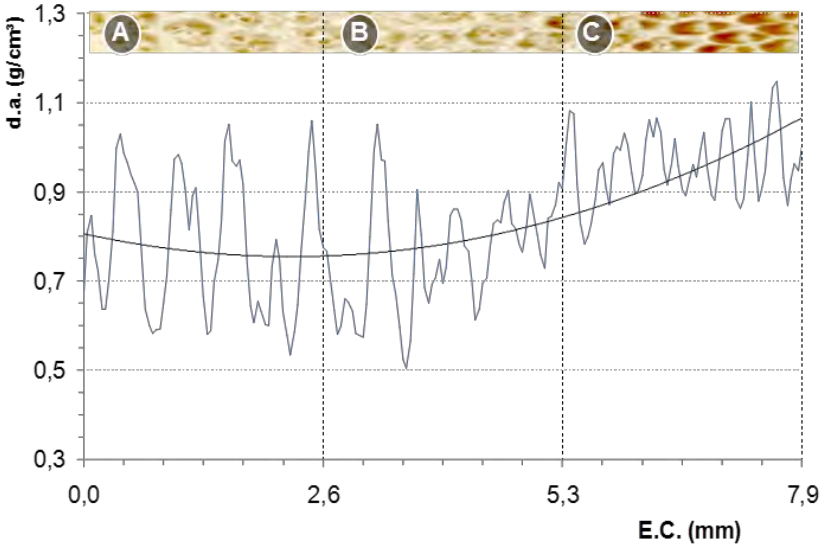


Figura 121. *G. angustifolia*, 2011, amostra 4

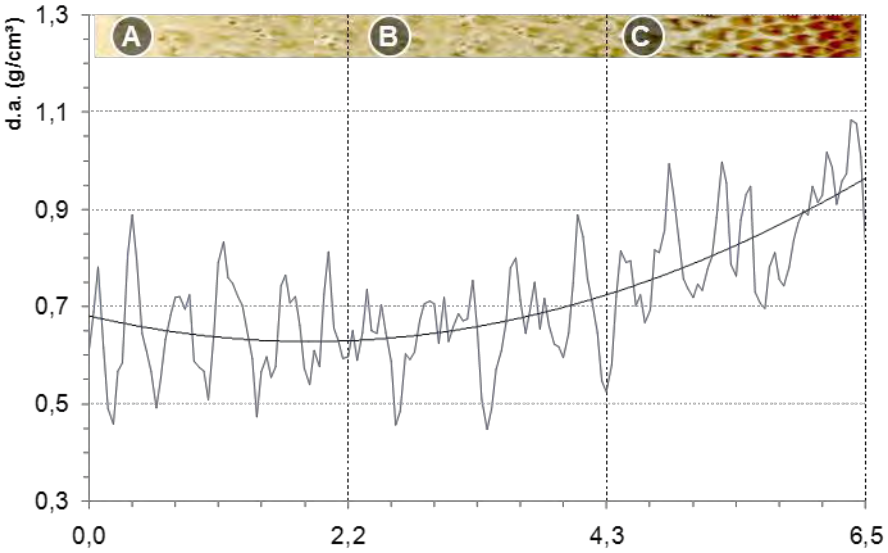


Figura 122. *G. angustifolia* , 2011, amostra 5