



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
NEREN – NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO E ESTUDOS EM
RECURSOS NATURAIS



**ESTIMATIVA DE BIOMASSA AÉREA E TEOR DE
CARBONO DA ESPÉCIE *Rhizophora mangle* L.**

HEIDE VANESSA SOUZA SANTOS

2012



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
NEREN – NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO E ESTUDOS EM
RECURSOS NATURAIS



HEIDE VANESSA SOUZA SANTOS

**ESTIMATIVA DE BIOMASSA AÉREA E TEOR DE
CARBONO DA ESPÉCIE *Rhizophora mangle* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agroecossistemas, área de concentração Produção em Agroecossistemas, para obtenção do título de “Mestre” em Ciências.

Orientador

Prof. Dr. Francisco Sandro Rodrigues
Holanda

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2012

S237e Santos, Heide Vanessa Souza
Estimativa de biomassa aérea e teor de carbono da espécie *Rhizophora mangle* L. / Heide Vanessa Souza Santos; orientador Francisco Sandro Rodrigues Holanda. – São Cristóvão, 2012.
97 f. ; il.

Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais)–Universidade Federal de Sergipe, 2012.

1. Manguezais. 2. Fitomassa florestal. 3. Modelos alométricos. I. Holanda, Francisco Sandro Rodrigues, orient. II. Título

CDU: 630*2

HEIDE VANESSA SOUZA SANTOS

**ESTIMATIVA DE BIOMASSA AÉREA E TEOR DE
CARBONO DA ESPÉCIE *Rhizophora mangle* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agroecossistemas, área de concentração Produção em Agroecossistemas, para obtenção do título de “Mestre” em Ciências.

APROVADA em 28 de Fevereiro de 2012.

Prof. Dr. (a) Ana Paula Albano Araújo

UFBA

Prof. Dr. (a) Myrna Friederichs Landim de Souza

UFS

Prof. Dr. Francisco Sandro Rodrigues Holanda

UFS

(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2012

DEDICATÓRIA

Dedico especialmente à minha mãe Dilma Maria, minha maior heroína, meu exemplo de superação e integridade. “Eu te amo” minha mãe e essa é a melhor forma de dizer muito obrigada.

AGRADECIMENTOS

À Deus por todas as oportunidades que me têm sido concedidas, por todas as minhas conquistas, pois sem as suas bênçãos eu não poderia alcançar. Obrigada por estar presente meu coração, por me ajudar sempre, por ser meu amigo. Obrigada por todas às alegrias que tive, que tenho e que ainda terei.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, e faço, aqui, algumas menções de modo especial:

Ao meu pai e aos meus irmãos Hazael e Bruna por todo amor e pelas palavras de apoio constante.

Ao “Quarteto fantástico: Andressa, Fabiana, Fernanda e Keyla” amigas de uma vida, por todo incentivo e apoio, nos momentos de alegrias e também de aflição.

Aos meus tios D’almir e Denilda pelo apoio pessoal e à minha madrinha Lourdinha, minha segunda mãe.

À Tiago Oliveira, meu ponto de apoio, meu conselheiro, importante em todos os momentos e a quem devo agradecer imensamente não apenas pela ajuda com a dissertação, mas também pela oportunidade de poder chamá-lo de “amigo”.

À minha amiga Anny, grande incentivadora e sinônimo de alegria. Obrigada por insistir para que eu fizesse a seleção, obrigada por não me deixar ser covarde diante dos meus medos.

À minha grande amiga Mônica, meu exemplo de garra e simplicidade. Agradeço a amizade, a confiança e espero fazer sempre por merecê-la.

Ao Prof. Dr. Sandro Holanda pela oportunidade e confiança.

Aos colegas do grupo “Sequestro de carbono” (LABES) pelo tempo e informações valiosas quando do levantamento de dados em campo, principalmente os estagiários David, Pedrito e a mestranda Karen.

Ao Amigo Fagner, pelos papos engraçados e pela ajuda na confecção de todos os mapas.

Ao Núcleo de Pesquisa em Manguezais da Universidade estadual do Rio de Janeiro, nas pessoas do Prof. Dr. Mário Soares e o doutorando Gustavo Estrada.

Aos novos amigos que fiz no mestrado (turma de 2010) em especial: Fabiana, Ismar, Igor, Carol, Lucas, Júlio, Marília (pequena), Braz e Cláudia.

À minha tia Gracinha e minhas primas Daniele e Ana Lu, pelo carinho e acolhimento no Rio de Janeiro no período de elaboração das análises.

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS E QUADROS.....	ii
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 Aspectos gerais do ecossistema manguezal	5
2.2 Distribuição do manguezal no mundo e no Brasil	7
2.3 A Zona estuarina do rio São Francisco	8
2.4 Os manguezais e as mudanças climáticas	9
2.5 Estimativa de biomassa vegetal	10
2.6 Fixação de carbono pela vegetação de mangue	14
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
CAPÍTULO 2	25
1 INTRODUÇÃO	27
2 METODOLOGIA	29
2.1 Caracterização da área de estudo	29
2.2 Amostragem para estimativa da biomassa	30
2.3 Processamento das amostras em laboratório e tratamento estatístico dos dados	32
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
3.1 Análise das regressões	36
3.2 Estimativa da biomassa nos compartimentos da planta	40
4 CONCLUSÕES.....	43
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
CAPÍTULO 3	50
1 INTRODUÇÃO	52
2 METODOLOGIA	54
2.1 Caracterização da área de estudo	54
2.2 Coleta e Processamento das amostras	55

2.3 Tratamento dos dados	57
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4 CONCLUSÕES	62
5 RECOMENDAÇÕES	63
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
APÊNDICE	68

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2	25
FIGURA 1 - Fotografia área de uma porção do estuário do rio São Francisco, com ênfase as áreas estudadas, Sergipe – Brasil	29
FIGURA 2 - Resíduos e distribuição da massa seca observada (g) - Relação massa fresca versus massa seca	37
FIGURA 3 - Contribuição da biomassa dos compartimentos para a biomassa aérea total das árvores amostradas no estuário do rio São Francisco, SE	42
CAPÍTULO 3	50
FIGURA 1 - Fotografia área de uma porção do estuário do rio São Francisco, com ênfase as áreas estudadas, Sergipe – Brasil	54
FIGURA 2 - Percentual médio de carbono orgânico nos diferentes compartimentos das árvores de <i>R. mangle</i> coletadas no estuário do rio São Francisco (2010-2011)	59
FIGURA 3 - Comparação entre os estoques de carbono orgânico nas árvores coletadas utilizando um fator de conversão (IPCC) e o percentual médio obtido nas análises	60
FIGURA 4 - Quantidade média de carbono orgânico acumulado nos compartimentos da <i>R. mangle</i> L. no estuário do rio São Francisco ...	61

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2		25
TABELA 1 -	Parâmetros estruturais médios da <i>R. mangle</i> , no manguezal do estuário do rio São Francisco, Sergipe	30
TABELA 2 -	Dados da regressão Massa Seca (g) x Massa Fresca (g) – passando pela origem - da <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco, SE	36
TABELA 3 -	Modelos para estimativa da biomassa área Total da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	69
TABELA 4 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea do Tronco da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	69
TABELA 5 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea do Galho principal da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	70
TABELA 6 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea de Galhos da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	70
TABELA 7 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea de Ramos da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	71
TABELA 8 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea de Folhas da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	71
TABELA 9 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea de Partes reprodutivas da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	72
TABELA 10 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea de Raízes da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	72
TABELA 11 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Copa 1 da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	73
TABELA 12 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Copa 2 da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	73
TABELA 13 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Copa 3 da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	74
TABELA 14 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Partes aéreas da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	74
TABELA 15 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Galho Principal + Tronco da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	75
TABELA 16 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Partes lenhosas da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	75
TABELA 17 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Partes verdes da <i>R. mangle</i> , estuário do rio São Francisco, SE	76
TABELA 18 -	Modelos para estimativa da biomassa aérea Total e por compartimentos da <i>R. mangle</i> que apresentaram igualdade de parâmetros.....	77
TABELA 19 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R ² a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea Total de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	79
TABELA 20 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R ² a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea do Tronco de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	80
TABELA 21 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R ² a, maior F e menor	81

	SEE. Biomassa aérea de Galho principal de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	
TABELA 22 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R^2 a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea de Galhos de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	82
TABELA 23 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R^2 a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea de Ramos de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	83
TABELA 24 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R^2 a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea de Folhas de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	84
TABELA 25 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R^2 a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea de Partes reprodutivas de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	85
TABELA 26 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R^2 a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea de Raízes escora de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	86
TABELA 27 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R^2 a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea de partes verdes de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	87
TABELA 28 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R^2 a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea de partes aéreas de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	88
TABELA 29 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R^2 a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea Copa 1 de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	89
TABELA 30 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R^2 a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea Copa 2 de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	90
TABELA 31 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R^2 a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea Copa 3 de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	91
TABELA 32 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R^2 a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea Partes lenhosas de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	92
TABELA 33 -	Seleção de regressões que apresentaram maior R^2 a, maior F e menor SEE. Biomassa aérea Galho principal + Tronco de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	93
TABELA 34 -	Regressões após aplicação dos testes de Kolmogorov-Smirnov e teste do Qui-quadrado para estimativa de biomassa aérea de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	94
TABELA 35 -	Regressões após aplicação dos testes de Kolmogorov-Smirnov e teste do Qui-quadrado para estimativa de biomassa de combinações de compartimentos de <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	96
TABELA 36 -	Equações selecionadas para estimativa de biomassa aérea total e por compartimento da <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São Francisco, SE	40
TABELA 37 -	Equações selecionadas para estimativa de biomassa por combinação de compartimentos da <i>Rhizophora mangle</i> L., estuário do rio São	41

Francisco, SE	
TABELA 38 - Estimativa de biomassa aérea nas estruturas arbóreas da espécie <i>R. magle</i> L., para a área analisada fitossociologicamente, estuário do rio São Francisco, SE	43
CAPÍTULO 3	50
TABELA 1 - Equações de regressão utilizadas para estimativa de biomassa aérea total e por compartimento da <i>R. mangle</i> L., estuário do rio São Francisco	56

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 2	25
QUADRO 1 - Classes diamétricas observadas para a espécie <i>R. mangle</i> no manguezal do estuário do rio São Francisco, 2010	31
QUADRO 2 - Variáveis independentes utilizadas para estimativa de biomassa de <i>R. mangle</i>	33
QUADRO 3 - Variáveis independentes transformadas utilizadas para estimativa de biomassa de <i>R. mangle</i>	35
CAPÍTULO 3	50
QUADRO 1 - Amplitude das classes diamétricas utilizadas para a espécie <i>R. mangle</i> no manguezal do estuário do rio São Francisco, 2010-2011	55

RESUMO

SANTOS, Heide Vanessa Souza. **Estimativa de biomassa aérea e teor de carbono da espécie *Rhizophora mangle* L.** Sergipe: UFS, 2012. 97p. (Dissertação - Mestrado em Agroecossistemas)

O interesse pela quantificação da biomassa florestal vem crescendo muito nos últimos anos, devido ao potencial que as florestas tropicais têm em acumular carbono atmosférico. Os altos estoques de carbono orgânico atribuem ao mangue um papel importante nas estimativas de carbono global e nos processos de mitigação das mudanças climáticas. O objetivo desse trabalho foi desenvolver equações alométricas lineares para a estimativa de biomassa aérea total e dos compartimentos vegetais da *Rhizophora mangle*, e quantificar o teor de carbono orgânico presente nestes compartimentos, no estuário do rio São Francisco, Sergipe, Brasil. Utilizando uma amostra destrutiva de 74 árvores, foram ajustados modelos lineares para estimativa de biomassa aérea total e por compartimento da espécie *Rhizophora mangle*. Dentre as árvores coletadas foram selecionadas 20 árvores para verificação dos teores de carbono nos compartimentos da planta. Para determinação dos teores de carbono foi utilizado o método de Walkley-Black com calor externo, que consiste na determinação do C orgânico por oxidação pelo Dicromato de Potássio em meio ácido, com titulação do Dicromato em excesso. Das análises de regressão os dados que passaram por transformação logarítmica apresentaram melhores ajustes, fornecendo uma estimativa da biomassa aérea total da planta de 9395,24 ton de biomassa seca para espécie, com um coeficiente de determinação ajustado de aproximadamente 0,99. Observou-se existência de variação na partição da biomassa de acordo com o desenvolvimento estrutural das árvores. Verificaram-se baixos ajustes apresentados nas equações desenvolvidas para o compartimento partes reprodutivas, atribuído à sazonalidade de ocorrência do compartimento. O estudo mostrou valores expressivos de C orgânico armazenado na *R. mangle* (13,11 ton C ha⁻¹) e de maneira geral, os compartimentos lenhosos da planta apresentaram o maior percentual de carbono armazenado, com destaque para o compartimento tronco. Os dados gerados poderão contribuir como base para trabalhos futuros para conservação do ecossistema.

Palavras-chave: Modelos alométricos, Fitomassa florestal, Manguezal

Comitê Orientador: Francisco Sandro Rodrigues Holanda - UFS (Orientador), Ana Paula Albano Araújo – UFBA e Myrna Friederichs Landim de Souza – UFS

ABSTRACT

SANTOS, Heide Vanessa Souza. **Above-ground biomass estimation and carbon stock in *Rhizophora mangle* L.** Sergipe: UFS, 2012. 97p. (Dissertation - Master Program in Agroecosystems)

The interest in quantifying mangrove forest biomass has increased in recent years due to the potential that tropical forests have in accumulating atmospheric carbon. The high organic carbon in mangrove attributes an important role in the estimation of global carbon and the processes of climate change mitigation. The objective of this study was to develop allometric equations for estimating the linear total aboveground biomass and plant compartments of *Rhizophora mangle*, and quantify the organic carbon present in the compartments of the plant on the estuary of the São Francisco river, located in Sergipe, Brazil. Using a destructive sample of 74 trees, linear models adjusted to estimate total biomass and species *Rhizophora mangle* compartment. Among the collected trees, 20 trees were selected for verification of the carbon in the compartments of the plant. To determine the levels of carbon in the plant, the method of Walkley-Black with external heat was used, consisting in the determination of organic carbon by oxidation with potassium dichromate in acid medium, with titration of excess dichromate. The regressions the data underwent logarithmic transformation that showed better adjustments, provides an estimation of the total plant biomass of 9395.24 ton of dry biomass, with a determination coefficient of approximately 0.99. A variation in the presence of biomass partition according to the structural development of trees was observed. There were low settings shown in the developed equations for the reproductive parts, attributed to the seasonal occurrence of the compartment. The study showed significant amounts of organic carbon stored in *R. mangle* (13.11 ton C ha⁻¹) and in general, the woody compartments of the plant showed the highest percentage of carbon stored, especially for the trunk compartment. The generated data could contribute as a basis for future work in conservation ecosystem.

Keywords: Allometric models, Biomass forest, Mangrove

Guidance Committee: Francisco Sandro Rodrigues Holanda - UFS (Advisor), Ana Paula Albano Araújo – UFBA e Myrna Friederichs Landim de Souza – UFS

CAPITULO 1

1. INTRODUÇÃO GERAL

A Zona Costeira abriga um mosaico de ecossistemas de alta relevância ambiental, cuja diversidade é marcada pela transição de ambientes terrestres e marinhos, com interações que lhe conferem um caráter de fragilidade e que requerem, por isso, atenção especial (PNGC II – Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, 1997). Dos 7.408 km da costa brasileira, uma extensão significativa é ocupada por manguezais (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000), que desenvolvem-se abrigados às margens de cursos d'água na interface do ambiente terrestre com o ambiente marinho, o que lhe confere características e adaptações exclusivas, proporcionando uma vasta biodiversidade.

Os manguezais são visualizados como árvores de raízes “escoras” emaranhadas que passam a maior parte de suas vidas cobertas pela maré, sendo áreas que apresentam odor característico (ELLISON e FANRSWORTH, 2001). Este ecossistema apresenta espécies arbóreas que exibem variações estruturais muito peculiares, conhecidas como fisionomias, provavelmente como um reflexo da dinâmica geomorfológica, da grande disponibilidade de nutrientes e do substrato incolidado (LUGO e SNEDAKER, 1974; FELLER et al., 2010). Suas florestas formam um ecossistema altamente produtivo com uma eficiente capacidade de adaptação às condições adversas, proporcionando ainda em algumas regiões, barreiras naturais de proteção à vida costeira, contra tempestades e ciclones (BLASCO et al., 1996; BABA et al., 2004; ALONGI, 2008).

Dominando aproximadamente 75% das zonas costeiras entre as latitudes de 30° N e 30° S (GIRI et al., 2011), as florestas de mangue são adaptadas às flutuações de salinidade e a um substrato pouco oxigenado devido à elevada concentração de matéria orgânica. Essa matéria orgânica proveniente principalmente da decomposição da serapilheira devolve ao solo uma parte do carbono retirado da atmosfera pela fotossíntese (GONNEEA et al., 2004), em contrapartida, outra parte deste carbono é incorporado pela fotossíntese aos tecidos vivos da planta formando sua biomassa, dando aos manguezais o status de um dos ecossistemas mais ricos em carbono dentre os ecossistemas tropicais (DONATO et al., 2011).\8

Considerados de elevada produtividade os manguezais fornecem aos ecossistemas adjacentes a base para suas cadeias tróficas (KASAWANI et al., 2007; ALONGI, 2008), atraindo assim animais migratórios que fazem uso das florestas de mangue durante alguma fase de seu ciclo de vida, o que caracteriza o ecossistema de mangue como berçário natural para diversas espécies da fauna (GIRI et al., 2011). Análises do ecossistema também permite inferir sobre a qualidade das águas que os banha (SCHAFFELKE et al., 2005), fator essencial à preservação dos manguezais e fundamental para a manutenção da diversidade desses ambientes.

Atualmente, o crescimento da população mundial é considerado uma das maiores fontes de pressão nestes ecossistemas costeiros e a necessidade de conciliar esse crescimento com a manutenção do ecossistema está fundamentada na produção de alimentos e serviços para as comunidades ribeirinhas dele dependentes (ALONGI, 2008; GILMAN et al., 2008; FELLER et al., 2010).

O manguezal é um ecossistema muito sensível às mudanças que ocorrem no ambiente costeiro, capazes de fornecer informações valiosas sobre a dinâmica ambiental das áreas litorâneas (BLASCO et al., 1996).

Estimativas de sua produtividade a partir da quantificação da biomassa vegetal são úteis na descrição do estado das florestas, além de contribuir para a contabilidade do carbono retirado da atmosfera e estocado em forma de biomassa vegetal por longos períodos (KASAWANI et al., 2007). Atualmente o estudo de biomassa vegetal em florestas tropicais tem assumido um papel de importância em relação à contribuição dos ecossistemas para o ciclo global do carbono (KOMIYAMA et al., 2008).

Por seu alto fluxo de nutrientes, oriundo da decomposição e da conversão do CO₂ retirado da atmosfera e incrementado em biomassa, despertando o interesse científico para o manguezal como sequestrador de carbono (GOOGALE et al., 2002; GIBBS et al., 2007; ALAMGIR e AL-AMIN, 2008; BOUILLON et al., 2008; ALONGI, 2011; CERÓN-BRETÓN et al., 2011). Entretanto, apesar do crescente interesse sobre a contribuição do manguezal como mitigador das mudanças climáticas, estudos quantitativos que permitam avaliar o incremento de carbono na biomassa ainda são incipientes, principalmente na região de Sergipe.

A quantidade do carbono líquido acumulado na biomassa pelas florestas de mangue é considerada como um passo para a validação das estimativas de sequestro de carbono, justificando o papel desempenhado por estes ecossistemas na absorção das

emissões de CO₂ promovida pela queima de combustíveis fósseis (FONSECA e DRUMMOND, 2003; BABA et al., 2004).

Das principais abordagens para determinação da biomassa destaca-se o uso de modelos alométricos, que consiste no desenvolvimento de equações de regressão a partir da relação entre variáveis obtidas em levantamentos estruturais e a massa seca das árvores. Uma vez desenvolvidas, estas equações podem ser utilizadas para estimar a biomassa de plantas em estudos futuros (KASAWANI et al., 2007; KOMIYAMA et al., 2008).

A necessidade de geração de conhecimentos sobre esse ambiente é justificada pelo seu imenso valor ecológico, social e ambiental, além da particular importância para a fauna marinha e para a qualidade da água, o que os tornam essenciais à manutenção do equilíbrio costeiro. O desenvolvimento de trabalhos em áreas diferenciadas proporciona um acréscimo importante de informações sobre este ecossistema tão rico e tão presente na região estuarina do rio São Francisco.

Porém ressalta-se o escasso número de estudos sobre incremento de biomassa em manguezais (SOARES, 1997; BOUILLON et al., 2008), merecendo destaque no Brasil os trabalhos realizados por Soares e Schaeffer-Novelli (2005) na região Sudeste do Brasil e os trabalhos de Medeiros e Sampaio (2008) na região Nordeste.

Este trabalho integra um projeto maior financiado pela empresa PETROBRAS que busca avaliar o potencial das florestas de mangue como potenciais sequestradoras de carbono e como mais esta funcionalidade do ecossistema pode contribuir para mitigação das mudanças climáticas.

Diante do que foi exposto o objetivo deste estudo foi identificar uma equação alométrica linear, dentro de padrões estatísticos aceitáveis para a estimativa da biomassa aérea total e dos compartimentos vegetais da *Rhizophora mangle*, e quantificar o teor de carbono presente nos compartimentos da planta, no estuário do rio São Francisco, Sergipe, Brasil.

Para um melhor entendimento do trabalho, a dissertação foi estruturada em capítulos, conforme apresentado a seguir:

Capítulo 1: “Referencial teórico”, neste capítulo foram abordados os aspectos gerais do ecossistema manguezal, sua distribuição e presença na região estuarina do rio São Francisco, os principais gêneros da flora, a importância do manguezal frente às mudanças climáticas, estimativa de biomassa em ecossistemas de mangue e seu papel como fixadores de carbono;

Capítulo 2: São apresentados “Modelos alométricos” construídos para estimativa de biomassa aérea total e por compartimento da espécie *Rhizophora mangle* L., no estuário do rio São Francisco, com uma abordagem sobre os aspectos referentes à estimativa de biomassa usando estas equações alométricas;

Capítulo 3: São apresentadas informações sobre o “Estoque de carbono da espécie *Rhizophora mangle* L.”, com uma abordagem sobre o percentual de carbono em todos os compartimentos da planta.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Aspectos gerais do ecossistema manguezal

Mangues são árvores ou arbustos de grande porte, que normalmente crescem em zona intertidal ou adjacente e que desenvolveram adaptações especiais para sobreviver neste ambiente (DUKE et al., 1998; CAVALCANTI et al., 2007; SPALDING et al., 2010).

Florestas de mangue são ambientes costeiros de fisiologia vegetal única, os quais por sua vez afetam fortemente a dinâmica das comunidades ecológicas, sendo arquitetonicamente simples em comparação a outras florestas tropicais. Assim, são sistemas adequados para se estudar os processos ecológicos na comunidade a nível de ecossistema (ELLISON e FARNSWORTH, 2001; ALONGI, 2002). As espécies típicas de mangue têm diversas origens evolucionárias, mas ao mudarem para este nicho ecológico várias espécies desenvolveram adaptações convergentes na fisiologia, morfologia ou estratégias reprodutivas (ALONGI, 2008).

Esse ecossistema é restrito às regiões costeiras tropicais e subtropicais (BABA et al., 2004), presente mais expressivamente na faixa entre os trópicos de Câncer e Capricórnio. A produtividade de suas florestas é, em média, maior do que a de outro ecossistema aquático (ALONGI, 2002) e do que outros tipos de florestas tropicais. Crescem em áreas onde a água do mar se mistura às águas de cursos d'água. Quando as condições são boas, os manguezais formam extensas florestas, atingindo mais de 30 m de altura. No outro extremo, onde as condições são mais extremas, um reduzido número de espécies conseguem sobreviver, e aí ocorrem bosques anões, em forma de arbustos, onde os indivíduos raramente atingem 3 m de altura (SPALDING et al., 2010).

Desenvolvem-se como florestas e crescem melhor quando a energia das ondas é baixa permitindo o depósito de sedimentos finos e o subsequente estabelecimento dos propágulos de mangue (ALONGI, 2008). Recebem grandes entradas de matéria orgânica e energia tanto de origem marinha quanto terrestre, devido sua localização, o que parcialmente explica a sua alta produtividade primária (BABA et al., 2004).

A arquitetura da floresta é influenciada pela magnitude e periodicidade das condições edáficas e bióticas nas quais são encontradas, de forma que uma única espécie de mangue pode exibir uma impressionante variabilidade estrutural (KATHIRESAN et al., 1994).

Florestas de mangue mais próximas à linha do Equador podem ser imensas e até exceder a biomassa de muitas florestas tropicais (ALONGI, 2002), sendo observado um declínio da biomassa aérea com o aumento da latitude.

Os manguezais são importantes ambiental e economicamente, caracterizados por plantas, animais e outros microrganismos adaptados a grandes variações de salinidade e sujeitos à dinâmica ambiental da zona intertidal tropical (SHAZRA, 2008). Estes ecossistemas são importantes também como estabilizadores costeiros, filtros biológicos e sumidouros para diversos poluentes (BABA et al., 2004).

Suas espécies são sensíveis ao frio o que explica sua dominância tropical e sua relação direta com os oceanos com temperaturas que no inverno não ficam abaixo dos 20°C (ALONGI, 2002; GIRI et al., 2011).

Para Belmont et. al. (2004), do ponto de vista econômico a importância dos manguezais reside no papel que desempenham como refúgio e habitat para uma grande diversidade de organismos aquáticos e terrestres, que em sua maioria dependem da produtividade do manguezal, principalmente como fonte de alimento. A estrutura e função de suas cadeias alimentares é ultimamente dirigida pela produção de carbono fixado principalmente pelas árvores e pelo fluxo de partículas de matéria orgânica dissolvidas no interior da floresta e nas águas adjacentes (ALONGI et al., 2002).

Estas florestas apresentam formação densa e frequentemente monoespecíficas, consideradas como “espécies fundadoras”, importantes da dinâmica temporal das comunidades costeiras, incluindo o fluxo de energia e nutrientes, cadeias alimentares e biodiversidade (ELLISON et al., 2005; BERGER, et al., 2006; ALONGI, 2008; POLIDORO et al., 2010).

A formação florestal do ecossistema apresenta “zonas” de vegetação, geralmente dispostas ao longo do gradiente de inundação que é dominado normalmente por uma ou duas espécies. A estrutura da floresta em qualquer momento é função de seu estágio sucessional, da composição das espécies, dispersão dos propágulos, crescimento e sobrevivência das espécies (McGOWAN et al., 2010), assim como por uma série de fatores bióticos, como propágulos viáveis, a predação de propágulos, herbivoria, a interferência humana e a competição interespecífica. Em ambientes mais favoráveis, a competição ou facilitação entre as espécies também podem ser importantes na determinação do zoneamento (ALONGI et al., 2002; FELLER et al., 2010).

Como exemplos deste zoneamento, podemos ter em um mesmo manguezal: a floresta de franja, melhor definida ao longo de linhas costeiras e baías abrigadas;

floresta de transição, que designa as florestas de várzea de alta ocorrência ao longo de drenagens do rio; e floresta de bacia que ocorre em áreas mais internas em direção ao litoral (LUGO e SNEDAKER, 1974; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

Os bosques apresentam arquiteturas peculiares como resultado de interações entre as características de crescimento das espécies arbóreas, suas demandas fisiológicas e os tensores ambientais que atuam no ecossistema (CINTRÓN e SCHAEFFER-NOVELLI, 1985). São constituídas por vegetais de porte arbóreo e arbustivo, sendo plantas lenhosas halófitas facultativas, que frequentemente estão associadas à espécies herbáceas, epífitas, hemiparasitas e aquáticas típicas (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

2.2. Distribuição dos manguezais no mundo e no Brasil

Manguezais são encontrados globalmente em 123 países e territórios, e cobrem um total de aproximadamente 152.000 km², extensão equivalente à metade do território Filipino ou um quarto do território de Madagascar (SPALDING et al., 2010). A distribuição dos manguezais pode ser avaliada de acordo com quatro escalas geográficas: sua ocorrência em uma ou mais regiões biogeográficas, sua distribuição costeira dentro de cada região, a sua localização a montante dentro de um estuário, e sua posição ao longo do perfil intertidal (DUKE et al., 1998).

Em todo o globo existem 27 gêneros e cerca de 73 espécies vegetais típicas, sendo 17 endêmicas desse ecossistema. Isso reflete uma baixa diversidade genética devido às difíceis condições encontradas nos ambientes submetidos às oscilações de marés, onde aparentemente existem menos oportunidades para diversificação e seleção de material genético (DUKE, 2001; SPALDING et al., 2010).

No Brasil os manguezais foram mapeados pela primeira vez na década de 1970 pelo oceanógrafo Renato Herz, do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP), que publicou o primeiro atlas dos manguezais do país. Embora limitado à época pela disponibilidade de instrumentos de sensoriamento remoto, esse estudo é o mais detalhado que se tem para essas formações vegetais no Brasil, permitindo boa comparação com a atual cobertura dos manguezais (LACERDA et al., 2006).

O manguezal na costa brasileira apresenta ampla diversidade estrutural, fisionômica e específica em decorrência de fatores ambientais e influências antrópicas (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000). Em termos de área o Brasil está entre os 12 países e territórios que possuem as maiores extensões do mundo, com aproximadamente

13.000 km², atrás apenas da Indonésia (SPALDING et al., 2010). Schaeffer-Novelli et al. (1990), objetivando entender o comportamento dos manguezais, dividiram o litoral do país em oito unidades fisiográficas, onde cada unidade apresentaria um desenvolvimento estrutural similar por estar submetida às mesmas condições ambientais regionais.

2.3. A zona estuarina do rio São Francisco

A bacia hidrográfica do rio São Francisco faz a ligação natural entre as regiões Sudeste e o Nordeste do Brasil. Apresenta grande importância sócio-econômica por seus múltiplos usos, para a geração de energia, fins agropecuários e agro-industriais, além de uma atividade turística ainda incipiente. Na sua foz, na interface do rio com o mar, ao longo da margem direita (margem sergipana), se destacam as áreas mais expressivas de manguezais no estado de Sergipe, constantemente ameaçadas por ações antropogênicas (CUNHA e HOLANDA, 2007).

No rio São Francisco, segundo maior rio do Brasil, destaca-se o domínio do mangue-vermelho presente principalmente nas margens mais estreitas do rio e sistemas lagunares, próximos a foz (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000). O sistema estuarino-lagunar do rio São Francisco apresenta uma série de canais que ocupam uma vasta extensão que vai desde a desembocadura do rio até o povoado de Ponta dos Mangues, Pacatuba – SE.

A região da foz apresenta um campo de dunas na sua margem esquerda (Alagoas) com cerca de 3 km na direção continental, se estendendo cerca de 15 km junto à praia (MASCHMANN, 2003). Este campo de dunas está parcialmente cobrindo regiões de antigos manguezais, os quais ocorrem atualmente somente em pequenas áreas (OLIVEIRA, 2003).

Os canais de maré têm seu fluxo d'água regido, principalmente, pelo regime das mesomarés e um gradiente hialino crescente do canal de Parapuca em direção à Barra Nova, por receber mais diretamente a influência das águas oceânicas (FONTES, 1990).

Ao longo do estuário são encontradas cinco espécies arbóreas: mangue vermelho (*Rhizophora mangle*) adaptado a áreas mais alagadas e inundadas periodicamente, mangue branco (*Laguncularia racemosa*) ocupando áreas de aportes de água doce, mangue preto (*Avicennia germinans* e *Avicennia schaueriana*) presente nos setores de maior salinidade e o mangue-de-botão (*Conocarpus erectus*) restrito a poucos

indivíduos, devido, sobretudo, ao processo de antropização das áreas de transição, conhecidas como apicum (LANDIM e GUIMARÃES, 2006).

O estado de Sergipe está inserido na unidade fisiográfica V e caracteriza-se por apresentar manguezais associados a estuários, com os gêneros *Rhizophora* e *Laguncularia* como pioneiros, nas partes mais internas, e indivíduos de *Avicennia* e *Laguncularia* que formam bosques mistos com mais de 10 m de altura (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

2.4. Os manguezais e as mudanças climáticas

Todos os ecossistemas estão sujeitos a uma variedade de distúrbios naturais e antrópicos que variam em sua frequência, duração, tamanho e intensidade, e desempenham um papel crucial na facilitação da mudança adaptativa (ODUM e BARRETT, 2004). Esta adaptação é normalmente um atributo de todos os ecossistema, como forma dos organismos responderem às variabilidades climáticas e físicas aos quais são submetidos, todas essas mudanças ocorrem dentro de um ambiente de perturbação natural para o equilíbrio ecológico ou "estado estacionário" (ALONGI, 2008). Uma vez quebrada esta relação esse ecossistema passa a reagir negativamente aos distúrbios, há então uma perda da capacidade de resistência e/ou resposta às perturbações impostas.

Florestas de mangue, como outros ecossistemas, estão sujeitos a diversas perturbações, que variam em sua natureza intrínseca. Tais condicionantes, em condições adversas, conduzem o ecossistema à alterações fisiológicas extremas, que podem resultar em seu desaparecimento (GALVANI e LIMA, 2010). Em geral, ecossistemas de mangue são vulneráveis devido ao estreito balanço existente entre os componentes marinho e terrestre e, rompendo-se esta relação o ecossistema pode não se recuperar, extinguindo-se da área degradada (VALIELA et al., 2001; GIRI et al., 2011).

Além das ameaças antrópicas diretas o ecossistema reage negativamente aos efeitos colaterais da mudança no clima e seus efeitos concomitantes (ESLAMI-ANDARGOLI et al., 2009), os quais são atribuídos principalmente às atividades atropogências, como às mudanças no uso da terra (McLEOD e SALM, 2006).

O aumento da temperatura e do nível de CO₂ atmosférico, promove a degradação dos recifes de corais (branqueamento e diminuição do crescimento) que fornecem a

ecossistemas costeiros barreira contra a ação direta das ondas. Previsões às mudanças climáticas sugerem que estas florestas costeiras estarão entre os ecossistemas mais ameaçados pela subida do nível do mar e pelo aumento na força das tempestades. (DOYLE, 1998).

A variabilidade climática pode exacerbar os fatores que afetam a resposta do mangue ao nível do mar, como alteração do fluxo de água doce, a entrada de sedimentos e nutrientes e o regime de salinidade (McLEOD e SALM, 2006; ALONGI, 2008). Esta elevação relativa no nível do mar eventualmente aumentaria às condições de salinidade e saturação do solo a limites onde os mangues são susceptíveis, contribuindo com as perdas recentes e projeções de perdas futuras nos habitats costeiros (ELLISON e FARNSWORTH, 2001). Ainda para Gilman et al. (2006) e McLeod e Salm (2006) os mangues podem adaptar-se à subida no nível do mar se este ocorrer lentamente, se existir espaço para expansão das espécies, e se outras condições ambientais propícias forem mantidas.

Estimativas da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura - FAO (FAO, 2003) sugerem que $1,54 \times 10^7$ ha.ano⁻¹ das florestas tropicais terrestres foram perdidas durante a década de 1980, e $1,37 \times 10^7$ ha.ano⁻¹ durante 1990 - 1995. Estas perdas se traduzem em uma perda anual de 0,8% da área terrestre de florestas tropicais (VALIELA et al., 2001). Ao mesmo tempo, a degradação dos recursos florestais resulta na emissão de CO₂ contribuindo com a intensificação das mudanças no clima (LASCO et al., 2008).

Baba et al. (2004), se mostram enfáticos ao afirmar que perdas significativas de florestas de mangue trazem consequências importantes, uma vez que acarretarão a perda de subsídios necessários para usos ecológicos, de subsistência e econômicos. Reduções das áreas de mangue podem trazer ameaças ao desenvolvimento da linha de costa pela erosão marinha, redução da qualidade das águas costeiras, redução da diversidade da fauna do mangue e dos ecossistemas costeiros adjacentes, afetando também as comunidades humanas que tradicionalmente dependem dos manguezais para inúmeros produtos e serviços (GILMAN et al., 2008).

2.5. Estimativa de biomassa vegetal

Os estudos de biomassa vegetal são realizados com objetivos diversos, dentre os quais se destaca o interesse na produção de madeira, relevância na quantificação da

ciclagem de nutrientes, estudos de estrutura florestal, a quantificação para fins energéticos com base no potencial de ecossistemas lenhosos de armazenar carbono. E assim, estes estudos contribuem com informações que podem gerar estratégias mitigadoras para compensar as emissões de CO₂ atmosférico (EAMUS et al., 2000; SILVEIRA et al., 2007). Além disso, tais estimativas são de considerável importância para a prática da modelagem das consequências das alterações climáticas e para programas nacionais e internacionais de compensação de carbono (TAMAOOH et al., 2009).

A biomassa florestal é o resultado da diferença entre a produção primária líquida e o consumo pela respiração, sendo por isso considerada uma medida de mudanças na estrutura da floresta (BROWN, 1997). É definida como a quantidade de matéria orgânica total da árvore expressa em massa seca por unidade de área, normalmente toneladas por hectare. A importância de conhecer a biomassa presente na vegetação de mangue em um determinado período de tempo nos fornece um melhor entendimento da dinâmica de ciclagem de matéria orgânica no ecossistema (SOARES e SCHAEFFER-NOVELLI, 2005).

Em geral a biomassa ou fitomassa de florestas é estimada de maneira indireta, através da aplicação de modelos preditores desenvolvidos a partir das relações alométricas encontradas nos componentes da vegetação (BURGER e DELITTI, 2010).

Estimativas desta biomassa são comumente realizadas com base na transformação de dados estruturais, como diâmetro, altura e/ou volume, empregando-se fatores de correção e equações que permitam as estimativas (SOMOGYI et al., 2006).

Dentre as metodologias usuais para estimativa de biomassa, três merecem destaque (HIGUCHI e CARVALHO JÚNIOR, 1994): o método de colheita, de difícil aplicação, pois requer a colheita destrutiva de todas as árvores necessárias (BROWN et al., 1989); o método da árvore-média, utilizado apenas em florestas com distribuição homogênea de tamanho (SANQUETTA, 2002); e o método alométrico, que estima o peso total ou parcial de uma árvore através de dimensões mensuráveis, incluindo o diâmetro do tronco e altura, usando equações alométricas. O método alométrico é um método não destrutivo e, portanto, útil para estimar mudanças temporais na biomassa florestal por meio de medições posteriores (CLOUGH et al., 1997; HIGUCHI et al., 1998; KOMIYAMA et al., 2008).

Burger e Delitti (2010) referem-se ao método alométrico como método dos modelos preditores pelo fato de serem elaborados a partir de análises de regressão, onde

se estudam as relações entre a massa (geralmente seca) das árvores e seus dados dendrométricos.

Ao longo dos anos diversos tipos de modelos de regressão e diferentes combinações de variáveis foram propostas para estimar a biomassa dos diversos tipos florestais ao redor do mundo:

- Brown et al. (1989) reuniram dados de levantamento de fitomassa e estabeleceram equações para florestas tropicais usando o diâmetro (DAP), o diâmetro ao quadrado vezes altura ($DAP^2 \times H$) e o diâmetro ao quadrado vezes altura vezes a densidade da madeira ($DAP^2 \times H \times S$);
- Higuchi et al. (1998) propuseram modelos de regressão linear e suas versões transformadas, usando DAP, $DAP \times H$ e $DAP^2 \times H$, para estimar a biomassa da floresta tropical de terra-firme da Amazônia brasileira;
- Sah et al. (2004) desenvolveram equações alométricas para 10 espécies de pinheiros em florestas da Flórida, usando o DAP, dimensões da coroa e a altura;
- Chandra et al. (2011) usaram o DAP como variável independente ou a combinação do diâmetro ao quadrado vezes a altura ($DAP^2 \times H$) para estimar a biomassa da *Rhizophora apiculata* na floresta de mangue de Sarawak.

O acúmulo de biomassa nas florestas é determinado pelo equilíbrio de CO_2 fixado, pela respiração total da planta (BROWN e LUGO, 1992; FELLER et al, 2010) e pelo acúmulo de carbono em sua partes lenhosas. Esses processos associados variam de acordo com as condições ambientais, variações locais e regionais do clima (CLOUGH e ATTIWILL, 1982).

Existe uma grande discussão sobre qual o melhor método de se estimar a biomassa de uma floresta, o único consenso é que é impossível determinar a biomassa de cada árvore pelo método direto sem gerar uma degradação muito grande. Por isso é necessário realizar as análises de regressão para gerar modelos estatísticos que possam ser aplicados para estimar biomassa em regiões maiores (FEARNSIDE et al., 1993; HIGUCHI et al., 1998). A estimativa da biomassa também fornece meios para calcular a quantidade de dióxido de carbono que pode ser removido da atmosfera através das florestas naturais ou reflorestadas (BROWN, 1997).

Segundo Silveira et al. (2007), estudos e análises visando não somente a preservação da biodiversidade das áreas florestais, como também relacionados ao clima, começaram a se intensificar. A FAO (2009) atribui à biomassa dois papéis importantes no sistema climático: 1) a fotossíntese retira CO₂ da atmosfera, onde parte é transferida ao solo pelo processo de decomposição da biomassa e armazenada como carbono; e 2) a biomassa queimada pelo fogo emite CO₂ e outros gases para atmosfera.

Reduzir as emissões de gases para atmosfera é uma das estratégias principais no que concerne ao objetivo da redução das mudanças climáticas, uma vez que concentrações muito acima dos valores normais provocam o chamado "efeito estufa". A estratégia é diminuir a concentração de gases incorporando-os na biomassa vegetal da biosfera através do mecanismo de fotossíntese o que a literatura denomina como "sequestro florestal de carbono" (SILVEIRA et al., 2007).

Uma vez que a variação na biomassa de mangue é tida como função da variabilidade da história da floresta e de sua estrutura, a comparação entre dados de biomassa usando equações obtidas de áreas geograficamente distintas é muito difícil (SOARES, 1997). Fatos assim sustentam a necessidade de se obter dados específicos para cada área geográfica, contribuindo com o aumento dos estudos sobre a biomassa de manguezais (SOARES e SCHAEFFER-NOVELLI, 2005).

Os estoques de biomassa total em manguezais podem ser muito altos, mesmo em bosques de baixa altura, como resultado dos altos níveis de biomassa subterrânea. A combinação da biomassa com considerável estoque de carbono orgânico em solos de mangue significa que apesar de sua pequena extensão global, podem ter um papel importante nas estimativas de carbono global e no processo de mitigação das mudanças climáticas (DONATO et al., 2011). Novas estimativas indicam que a biomassa aérea total para florestas de mangue do globo podem ser mais de 3.700 gigatoneladas (Gt) de carbono e ainda o sequestro da matéria orgânica diretamente em sedimentos de mangue é provável que seja na faixa de 14-17 Gt de carbono por ano (SPALDING et al., 2010).

Quanto maior a precisão da estimativa de biomassa, maior será a consistência da quantificação de carbono estocado e/ou liberado na atmosfera pelos ecossistemas florestais (SANQUETTA, 2002). Segundo Codilan et al. (2009), estimativas confiáveis de biomassa são essenciais para estimar a produção primária líquida total em estudos ecológicos avaliando o rendimento de produtos oriundos de manguezais, fornecendo as bases do estoque de carbono que se relacionam com a questão da mudança climática.

Para Fonseca e Drummond (2003), uma das formas recomendadas para contribuir para a redução das mudanças climáticas seria viabilizar o desenvolvimento de árvores e conseqüentemente a biomassa florestal. Conhecer a distribuição espacial da biomassa florestal é importante por duas razões principais: primeiro, porque esse conhecimento é necessário para calcular as fontes (e sumidouros) de carbono que resultam da conversão florestal; segundo, porque permite a medição da variação da biomassa nos compartimentos da planta através do tempo (GOODALE et al. 2002; HOUGHTON, 2005).

2.6. Fixação de carbono pela vegetação de mangue

Os estudos sobre o sequestro de carbono são importantes na avaliação de uma floresta como recurso natural (SMITH et al., 2004). No ecossistema, o estoque total de carbono é determinado pelo equilíbrio entre o fluxo de ganho de carbono, produtividade primária líquida, perda de carbono pela decomposição da biomassa morta e pela respiração heterotrófica. Os estoques de carbono nos ecossistemas variam porque as condições ambientais influenciam os fluxos de carbono da fotossíntese, decomposição e respiração autotrófica e heterotrófica diferentemente (KEITH et al., 2009).

O impacto potencial dos manguezais na dinâmica do carbono da zona costeira tem sido tema de intenso debate nas últimas décadas, ganhando destaque após os trabalhos de Odum (1968) e Odum e Heald (1972), que mostraram o papel dos detritos na cadeia alimentar da zona intertidal (KIRUI et al., 2006)

Assim, devido ao alto fluxo de matéria orgânica os manguezais despertam grande interesse pela atuação como sumidouro de carbono, o que para Ross (1998) demonstra esforços para testar a importância de variáveis ambientais alternativas referentes aos ecossistemas de mangue. Baba et al. (2004), citam em seus estudos que os teores de carbono em solos de mangue são 4-8 vezes maior que o teor de carbono de florestas tropicais úmidas, sugerindo que ações na área da conservação e reabilitação de manguezais contribuiriam imensamente para o sequestro de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico.

Do carbono produzido no mangue, 9% é consumido por herbivoria, 30% é exportado, 10% é estocado no sedimento, e 40% é decomposto e reciclado entre os sistemas adjacentes (DUARTE e CEBRIAN, 1996).

Embora a área coberta por florestas de mangue represente apenas uma pequena fração da floresta tropical, sua posição na interface oceano-terra e a troca potencial de nutrientes com águas costeiras sugere que essas florestas fazem uma contribuição única para a biogeoquímica de carbono na costa oceânica (TWILLEY et al., 1992). Neste contexto uma parte do carbono fixado é armazenado como biomassa viva, enquanto o restante ou é exportado pelas marés ou entra no estoque de detritos (KRISTESSEN et al., 2008). Outro fato é que além dos fluxos de carbono orgânico dissolvido (DOC) através da água, o acúmulo de carbono nos solos e o fluxo para a atmosfera por meio da respiração das raízes são partes importantes que determinam o fluxo de carbono (ALONGI, 2008).

Para Ribas et. al. (2009), o sequestro de carbono através de atividades florestais se baseia em duas premissas: primeira, o gás carbônico é um gás atmosférico que circula no mundo todo, e, conseqüentemente, os esforços para a remoção dos gases do efeito estufa pelas florestas terão efeito igual, sejam eles aplicados próximos à fonte ou do outro lado do mundo; segunda, a vegetação verde retira o gás carbônico da atmosfera através do processo da fotossíntese, convertendo-o em compostos orgânicos utilizados no crescimento e metabolismo vegetal.

Dittmar et al. (2006) constatou que 10% do carbono orgânico dissolvido (DOC) terrestre nos oceanos são derivados dos manguezais, o que segundo Bouillon et al. (2008) deve aumentar ainda mais como resultado do desmatamento do mangue. No entanto, apesar de seu impacto no ciclo e ecologia do carbono ainda existem grandes incertezas quanto à produtividade e extensão da área de florestas de mangue, e a quantidade de carbono que poderia ser armazenado em seu sedimento (BOUILLON, 2011).

A quantidade de carbono líquido acumulado na biomassa pelas florestas de mangue é um passo para validação das estimativas de sequestro de carbono, justificando o papel desempenhado por estes ecossistemas na absorção das emissões de CO₂ promovida pela queima de combustíveis fósseis (SOARES, 1997; FONSECA e DRUMMOND, 2003).

Donato et al. (2011), estudando florestas de mangue na região do Indo-Pacífico computaram uma média de 1,23 Mt.C.ha⁻¹ ± 88, o que os permitiu classificar as florestas de mangue como as florestas tropicais mais ricas em carbono já que este valor é ainda mais alto que os estoques das principais florestas do mundo.

Segundo Komiyama et al. (2008) mesmo as melhores estimativas de carbono ainda apresentam deficiências, sendo as duas principais: (1) informações sobre o estoque de carbono em manguezais são limitados, baseados em um conjunto pequeno de dados; e (2) enquanto há uma riqueza de dados sobre a produção de serapilheira, estimativas de biomassa aérea e subterrânea ainda são escassos devido às dificuldades metodológicas, o que tornam muitos orçamentos de carbono publicados tendenciosos.

Visto que a biomassa e o estoque/liberação de carbono das diferentes frações da vegetação são parâmetros de cálculo configurados em uma única base de interpretação porque são fortemente associados (LIOUSSE et al., 1997). Quantificar as emissões de carbono resultante do desmatamento e os valores das reservas de carbono convertidas em biomassa nos manguezais é importante para quantificar o estoque total de C (KAUFFMAN et al., 2011), isto porque embora se tenha conhecimento da ampla capacidade das florestas terrestres como reservatórios de carbono, poucos estudos têm focado as florestas de mangue (CERÓN-BRETON et al., 2011).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAMGIR, M. e AL-AMIN, M. Allometric models to estimate biomass organic carbon stock in Forest vegetation. **Journal of Forestry Research** 19 (2): p. 101-106, 2008.

ALONGI, D. M. Present state and future of the world's mangrove forests. **Environmental Conservation** 29 (3): 331-349, 2002.

ALONGI, D. M. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. **Estuarine, Coastal and shelf service** 76, p. 1-13, 2008.

ALONGI, D. M. Carbon payments for mangrove conservation: ecosystem constraints and uncertainties of sequestration potential. **Environmental Science & Policy** 14: p. 462-470, 2011.

BABA, S.; GORDON, C.; KAINUMA, M.; AYIVOR, J. S. e DAHDOUH-GUEBAS, F. **The global mangrove database and information system (GLOMIS): present status and future trends**. In.: Proceedings of 'The colours of ocean data' Symposium, Brussels, p. 3-14, 2004.

BELMONT, D. E. O.; HERNÁNDEZ, C. T.; VETSER, H. H. M. e LEGORRETA, T. A. Flujo de matéria em um manglar de La costa de Chiapas, México. **Madera y Bosques Número especial 2**: p. 45-61, 2004.

BERGER, U.; ADAMS, M.; GRIMM, U. e HILDEBRANDTH, H. Modelling secondary succession of neotropical mangroves: Causes and consequences of growth reduction in pioneer species. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics** 7: p. 243-252, 2006.

BLASCO, F.; SAENGER, P. e JANODET, E. Mangroves as indicators of coastal change. **Catena**, v. 27, nº 3-4: p. 167-178, 1996.

BOUILLON, S. Storage beneath mangroves. **Nature Geoscience**, v. 4, p. 1-2, 2011.

BOUILLON, S.; BORGES, A. V.; CASTANEDA-MOYA, E.; DIELE, K.; DITTMAR, T.; DUKE, N. C.; KRISTENSEN, E.; LEE, S. Y., MARCHAND, C.; MIDDELBURG, J. J.; RIVERA-MONROY, V. H.; SMITH III, T. J.; TWILLEY, R. R. Mangrove production and carbon sinks: a revision of global budget estimates. **Geophysical Research**, v. 10: p.1-39, 2008.

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer**. 55p., Rome: FAO, 1997.

BROWN, S.; GISLLEPIE, A. J. R. e LUGO, A. E. Biomass estimation methods for

tropical with applications to forest inventory data. **Forest Science**, v. 35, n. 4: p. 881-902, 1989.

BROWN, S. e LUGO, A. E. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. **Interciência**, v. 17, n. 1: p. 8-18, 1992.

BURGER, D. M. e DELITTI, W. B. C. Modelos preditores da fitomassa aérea da floresta baixa de Restinga. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1: p. 143-153, 2010.

CAVALCANTI, V. F.; ANDRADE, A. C. S. de; e SOARES, M. L. G. Germination of *Avicennia schaueriana* and *Laguncularia racemosa* from two physiographic types of mangrove Forest. **Aquatic Botany** 86: p. 285-290, 2007.

CERÓN-BRETÓN, J. G.; CERÓN-BRETÓN, R. M.; RANGEL-MARRÓN, M.; MURIEL-GARCÍA, M.; CORDOVA-QUIROZ, A. V. e ESTRELLA-CAHIIICH, A. Determination of carbon sequestration rate in soil of a mangrove Forest in Campeche, Mexico. **International Journal of Energy and Environment** 3, v. 5: p. 328-336, 2011.

CHANDRA, I. A.; SECA, G.; e HENA, M. K. A. Aboveground biomass production of *Rhizophora apiculata* Blume in Sarawak mangrove forest. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences** 6(4), p. 469-474, 2011.

CINTRÓN, G. e SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Características y desarrollo estructural de los manglares de norte y sur America. **Ciência Interamericana**, 25: p. 4-15, 1985.

CLOUGH, B. F. e ATTIWILL, P. M. Primary productivity of mangroves. **In: Mangrove ecosystems in Australia: Structure, function and management**. Ed. B. F. Clough. Australian National University Press. Canberra, p. 213-222, 1982.

CLOUGH, B. F.; DIXON, P. e DALHAUS, O. Allometric relationships for estimating biomass in multi-stemmed mangrove trees. **Australian Journal Botany** 45, p. 1023-1031, 1997.

CODILAN, A. L.; CARANDANG, M. G.; CLADERON, M. M. e ESLAVA, F. M. Aboveground biomass production of three mangrove species in Real, Quezon Province, Philippines. **USM R & D** 17(2): p. 191-197, 2009.

CUNHA, C de J. e HOLANDA, F. S. R. **Estrutura, função e propriedades de agroecossistemas: um estudo de caso no estuário do rio São Francisco**. In: III Congresso Brasileiro de Sistemas, Florianópolis – SC. Outubro, 2007.

DITTMAR, T.; HERTKORN, N.; KATTNER, G. e LARA, R.J. Mangroves, a major source of dissolved organic carbon to the oceans. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 20: p. 1-7, 2006.

DONATO, D. C.; KAUFFMAN, J. B.; MURDIYARDSO, D.; KURNIANTO, S.; STIDHAM, M.; e KANNINEM, M. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. **Nature Geoscience**: p. 1-5, 2011.

DOYLE, T.W. **Modeling global change effects on coastal forests** in: G.R. Guntenspergen e B.A. Vairin, editors. Vulnerability of coastal wetlands in the Southeastern United States: climate change research results, 1992-97. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division Biological Science Report 1998-0002, 1998.

DUARTE, C.M. e CEBRIAN, J. The fate of marine autotrophic production. **Limnology and Oceanography** 41: p. 1758–1766, 1996.

DUKE, N. C.; BENZIE, J. A. H.; GOODALL, J. A.; e BALLMENT, E. R. Genetic structure and evolution of species in the mangrove genus *Avicennia* (Avicennaceae) in the Indo-West Pacific. **The society for the study of evolution** 52(6): p. 1612-1626, 1998.

DUKE, C. N. Gap creation and regeneration processes driving diversity and structure of mangrove ecosystems. **Wetlands and Ecology, Management** 9: p. 257-269, 2001.

EAMUS, D.; MCGUINNESS, K e BURROWS, W. Review of allometric relationships for estimating woody biomass for Queensland, the Northern territory and Western Australia. **Environment Australia Cataloguing – in- Publication**, 64 p., 2000.

ELLISON, A. M.; BANK, M. S.; CLINTON, B. D.; COLBURN, E. A.; ELLIOTT, K. Loss of foundation species: consequences for the structure and dynamics of forested ecosystems. **Frontiers Ecology Environmental** 3, p. 479-486, 2005.

ELLISON, A. M. e FARNSWORTH, E. J. Mangrove communities. In: **Marine Community Ecology**, ed. M.D. Bertness, S.D. Gaines & M.E. Hay, p. 423–442. New York, USA: Sinauer Associates, 2001.

ESLAMI-ANDARGOLI, L.; DALE, P.; SIDE, N. e CHASELING, J. Mangrove expansion and rainfall patterns in Moreton bay, Southeast Queensland, Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 85: p. 292-298, 2009.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Releases new global estimate of mangroves - Deforestation continues but at slower rate**, 2003. Disponível em: <http://www.fao.org/english/newsroom/news/2003/15020-en.html>. Acessado em 25 de outubro de 2011.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Assesment of the status of the development of standards for the terrestrial climate variables – BIOMASS**. Roma, Maio: 2009. Disponível em:

<http://www.fao.org/docrep/012/i1238e/i1238e00.htm>. Acessado: 23 de Outubro de 2011.

FEARNSIDE, P. M.; LEAL FILHO, N. e FERNANDES, F. M. Rainforest burning and the global carbon budget: biomass, combustion efficiency, and charcoal formation in the Brazilian Amazon. **Journal of Geophysical Research**, v 98, D9: p. 16733-16743, 1993.

FELLER, I. C.; LOVELOCK, C. E.; BERGER, U.; MCKEE, K. L.; JOYE, S. B. e BALL, M. C. Biocomplexity in Mangrove Ecosystem. **Annual review of Marine Science** 2, p. 395-417, 2010.

FONSECA, S. de M. e DRUMMOND, J. A.: Reflorestamento de manguezais e o valor de resgate para o sequestro de carbono atmosférico. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, vol. 10(3): 1071-1082. 2003.

FONTES, A. L. **Aspectos da geomorfologia costeira no norte do estado de Sergipe**. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, II, Águas de Lindóia, Anais. Águas de Lindóia, 1990.

GALVANI, E. e LIMA, N. G. B. Estudos climáticos nas escalas inferiores do clima: manguezais da Barra do Rio Ribeira, Iguape, SP. **Mercator** – v. 9, nº especial (1): p. 25-38, 2010.

GIBBS, H.; BROWN, S.; NILES, J. O. e FOLEY, J. A. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. **Environmental Research Letters** 2: 1-13, 2007.

GILMAN, E. L.; ELLISON, J.; DUKE, N. C. FIELD, C. Threats to mangroves from climate change and adaptation options. **Aquatic Botany**: p. 1-14, 2008.

GIRI, C.; OCHIENG, E.; TIESZEN, L. L.; ZHU, Z.; SINGH, A.; LOVELAND, T.; MASEK, J. e DUKE, N. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography** 20: p. 154-159, 2011.

GONNEEA, M. E.; PAYTAN, A. e HERRERA-SILVEIRA, J. A. Tracing organic matter sources and carbon burial in mangrove sediments over the past 160 years. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 61, p. 211-227, 2004.

GOODALE, C. N.; APPS, M. J.; BIRDSEY, R. A.; FIELD, C. B.; HEATH, L. S.; HOUGHTON, R. A.; JENKINS, J. C.; KOHLMAIER, G. H.; KURZ, W.; LIU, S.; NABUURS, G.; NILSSON, S.; e SHUIDENKO, A. Z. Forest carbon sinks in the northern hemisphere. **Ecological Applications**, 12 (3): p. 891-899, 2002.

HIGUCHI, N. e CARAVLHO JÚNIOR, J. A. **Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia**. Anais do Seminário “Emissão x Sequestro de CO₂ – Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil”, p. 127-153, 1994.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L. e BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação de floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica**, v. 28, n. 2: p. 153-166, 1998.

HOUGHTON, R. A. Aboveground forest biomass and the global carbon balance. **Global Change Biology** 11: p. 945-958, 2005.

KASAWANI, I.; KAMRUZAMAN, J. e NURUN-NADHIRAR, M. I. Biological diversity assessment of Tolk Bali mangrove forest, Kalntan, Malaysia. **Wseas Transaction on Environment and development** 2, v. 3, p. 37-45, 2007.

KATHIRESAN, K., MOORTHY, P. e RAJENDRAN, N. Seedling performance of mangrove *Rhizophora apiculata* (Rhizophorales: Rhizophoraceae) in different environs. **Indian Journal of Marine Science**, 23 (3): p. 168-169, 1994.

KAUFFMAN, J. B.; HEIDER, C.; COLE, G. T.; DWIRE, K. A.; DONATO, D. C. Ecosystem Carbon Stocks of Micronesian Mangrove Forests. **Wetlands** 31: p. 343–352, 2011.

KEITH, H.; MACKEY, B. G.; e LINDENMAYER, D. B. re-evaluation of forest biomass carbon stocks and lessons from the world's most carbon-dense forests. **PNAS**, vol. 106, nº 28: p. 11635-11640, 2009.

KIRUI, B.; KAIRO, J. G. e KARACHI, M. Allometric equations for estimating above ground biomass of *Rhizophora mucronata* Lamk. (Rhizophoraceae) mangroves at Gazi Bay, Kenya. **Western Indian Ocean Journal Marine Science**, v 5, n. 1: p. 27-34, 2006.

KOMIYAMA, A.; ONG, E. J. e POUNGPARN, S. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. **Aquatic Botany** 89: p. 128-137, 2008.

KRISTENSEN, E.; BOUILLON, S.; DITTMAR, T.; MARCHAND, C. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. **Aquatic Botany** 89: p. 201–219, 2008.

LACERDA, L. D.; MAIA, L. P.; MONTEIRO, L. H. U.; SOUZA, G. M.; BEZERRA, L. J. C.; MENEZES, M. O. T. Manguezais do Nordeste e mudanças ambientais. **Ciência hoje**, v. 39, n. 229: p. 24-29, 2006.

LANDIM, M.; GUIMARÃES, C. P. Manguezais do Rio Sergipe. In: ALVES, J. P. **Rio Sergipe: importância, vulnerabilidade e preservação**. São Cristóvão: Editora UFS: p.195-221, 2006.

LASCO, R. D.; PULHIN, F. B.; SANCHEZ, P. A. J.; VILLAMOR, G. B. e VILLEGAS, K. A. L. Climate change and Forest Ecosystems in the Philippines: Vulnerability, Adaptation and Mitigation. **Journal of environmental Science and Management** 11(1): p. 1-14, 2008.

LIOUSSE, C.; DULAC, F.; CACHIER, H. e TANRÉ, D. Remote sensing of carbonaceous aerosol production by African savanna biomass burning. **Journal of Geophysical Research**, v. 102, n. D5, p. 5895-5911, 1997.

LUGO, A. E. & SNEDAKER, S. C. The ecology of mangroves. **Annual Review of Ecology and Systematics**: p. 39-64, 1974.

MCGOWAN, T.; CUNNINGHAM, S. L.; GUZMÁN, H. M.; MAIR, J. M.; GUEVARA, J. M. e BETT, T. Mangrove Forest composition and structure in Las Perlas Archipelago, Pacific Panama. **Revista de Biología Tropical**. v 58(3): p 857-869, 2010.

MASCHMANN, A. O. **Projeto GEF - São Francisco – Estudo Hidrodinâmico sedimentológico do Baixo São Francisco, Estuário e Zona Costeira Adjacente (AL e SE)**. ANA/GEF/PNUMA/OEA. 2003.

MCLEOD, E. and SALM, R. V. **Managing Mangroves for Resilience to Climate Change**. IUCN, Gland, Switzerland. 64p., 2006.

ODUM, E.P. **A research challenge: evaluating the productivity of coastal and estuarine water**. In: Proceedings of the Second Sea Grant Conference, October. Univ. of Rhode Island, p. 63–64, 1968.

ODUM, W.E. e HEALD, E.J. Trophic analysis of an estuarine mangrove community. **Bulletin of Marine Science** 22: p. 671 e 738, 1972.

ODUM, E.P. e BARRETT, G.W. **Fundamentals of Ecology**, fifth ed. Brooks-Cole, Belmont, CA, 598 p., 2004.

OLIVEIRA, A. M de. **Estudo Hidrodinâmico Sedimentológico do Baixo São Francisco, Estuário e Zona Costeira Adjacente (AL/SE)**. UFAL. Maceió: Al, 2003.

PLANO NACIONAL DE GERENCIAMENTO COSTEIRO (PNGC II). Resolução CIRM Nº 5, de 03 de dezembro de 1997. Disponível em: www.ipef.br/legislacao/bdlegislacao/arquivos/8269.rtf Acesso: 05/05/2011.

POLIDORO, B. A; CARPENTER, K. E.; COLLINS, L.; DUKE, N. C.; ELLISON, A. M.; ELLISON, J. C.; FARNSWORTH, E. J.; FERNANDO, E. S.; KATHIRESAN, K.; KOEDAM, N. E.; LIVINGSTONE, S. R.; MIYAGI, T.; MOORE, G. E.; NAM, V. N.;

ONG, J. E.; PRIMAVERA, J. H.; SALMO, S. G.; SANCIANGCO, J. C. ; SUKARDJO, S.; WANG, Y. e YONG, J. W. H. The Loss of Species: Mangrove Extinction Risk and Geographic Areas of Global Concern. **PLoS ONE** 5(4): p. 1-10, 2010

RIBAS, E. S.; ALMEIDA, G. de J.; PEDRO, G. A.; SAMPAIO, P. de S. P. Estimativas da biomassa e carbono existência: O caso do manguezal na área do sítio Sandí, Santos-SP. **Revista Ceciliana**: p. 39-43, 2009.

ROSS, M. S.; RUIZ, P. L.; TELESNICKI, G. J. & MEEDER, J. F. **Aboveground Biomass and Production in Mangrove Communities of Biscayne National Park, Florida (USA), Following Hurricane Andrew**. The South Florida Water Management District, June 25, 1998.

SANQUETTA, C. R. **Métodos de determinação de biomassa florestal**. In.: SANQUETTA, C. R. WATZLAWICK, L. F.; BALBIONT, R.M.; ZILLOTTO, M. A. B. e GOMES, F. S. (ed.). *As florestas e o carbono*. p. 119-140, Curitiba: UFPR, 2002.

SAH, J. P.; ROSS, M. S.; KOPTUR, S.; e SNYDER, J. R. Estimating aboveground biomass of broadleaved woody plants in the understory of Florida Keys pine forests. **Forests Ecology and Management** 203: p. 319-329, 2004.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G.; ADAIME, R. R.; e CAMARGO, T. M. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. **Estuaries**, 13 (2): p. 204-219. 1990.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar. **Caribbean Ecological Research**. São Paulo. 64 p. 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. M.; SOARES, M.L. e DE-ROSA, M.T. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, 3: p. 561- 570, 2000.

SCHAFFELKE, B.; MELLORS, J. e DUKE, N. C. Water quality in the Great Barrier Reef region: responses of mangrove, seagrass and macroalgal communities. **Marine Pollution Bulletin** 51, p. 279-296, 2005.

SHAZRA, A.; RASHEED, S. e ANSARI, A. A. Study on the mangrove ecosystem in Maldives. **Global Journal of Environmental research** 2 (2): p. 84-86, 2008.

SILVEIRA, P., KOEHLER, H. S., SANQUETTA, C. R., ARCE, J. E, O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v 38, n1, 2007.

SMITH, J. E.; HEATH, L. H.; WOODBURY, P. B. How to estimate forest carbon for large areas from inventory data. **Journal of Forestry**: p. 25-31, 2004.

SOARES, M.L.G. **Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil – análise de modelos**, v 2. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 1997.

SOARES, M.L.G. e SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Above-ground biomass of mangrove species. I. Analysis of models. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 65: p. 1-18, 2005.

SOMOGYI, Z.; CIENCIALA, E.; MAKIPAA, MUUKKONEN, P.; LEHTONEN A.; WEISS, P. Indirect methods of large forest biomass estimation. **Europe Journal Forest Research**: p. 1-11, 2006.

SPALDING, M.; HAINUMA, M. e COLLINS, M. K. **World Atlas of mangroves**. Earthscan, Washington D.C.: 319 p., 2010.

TAMOOH, F.; KAIRO, J. G.; HUXHAM, M.; KIRUI, B.; MENCUCCINI, M. e KARACHI, M. Biomass accumulation in a rehabilitated mangrove forest at Gazi Bay. **African Studies Collection**, v. 20: p. 131-146, 2009.

TWILLEY, R.R.; CHEN, R.H.; HARGIS, T.. Carbon sinks in mangroves and their implications to carbon budget of tropical coastal ecosystems. **Water, Air e Soil Pollution** 64 (1-2): p. 265-288. 1992.

VALIELA, I.; BOWEN, J. L. e YORK, J. Mangrove Forest: One of the world's threatened major trocpial environments. **BioScience**, v. 51, n. 10: p. 807-815, 2001.

CAPÍTULO 2

Modelos alométricos para estimativa de biomassa aérea da espécie *Rhizophora mangle* L., no estuário do rio São Francisco, Nordeste do Brasil

RESUMO

SANTOS, Heide Vanessa Souza. **Modelos alométricos para estimativa de biomassa aérea da espécie *Rhizophora mangle* L., no Estuário do rio São Francisco, Nordeste do Brasil**. Sergipe: UFS, 2012. 97p. (Dissertação - Mestrado em Agroecossistemas)

Os manguezais são encontrados ao longo das costas tropicais e subtropicais do globo, crescendo em zonas costeiras abrigadas às margens de cursos d'água, na interface da terra com o mar. Estes ecossistemas são considerados de elevada produtividade fornecendo aos ecossistemas adjacentes a base para suas cadeias tróficas. Estudar produtividade dos manguezais através da estimativa da biomassa vegetal pode ser útil na descrição do estado das florestas de mangue, além de contribuir para a quantificação do carbono retirado da atmosfera e estocado na biomassa vegetal ao longo do tempo. Dentre as metodologias usadas atualmente para se obter estimativas de biomassa, merece destaque o uso de modelos alométricos. A construção destes modelos alométricos envolve a mensuração de variáveis coletadas em campo e o ajuste e seleção de modelos estatísticos. O objetivo desse trabalho é o desenvolvimento de equações alométricas lineares ajustadas à estimativa da biomassa aérea total e por compartimento da espécie *Rhizophora mangle* L. A área estudada está localizada na zona estuarina do rio São Francisco nas fronteiras dos estados Sergipe e Alagoas, região Nordeste do Brasil. Utilizando uma amostra destrutiva de 74 árvores foram ajustados modelos lineares para estimativa de biomassa aérea total e por compartimento da espécie. Foram consideradas as equações que apresentaram dados com diferença significativa, sendo adotados os seguintes critérios de seleção das equações foram adotados: o maior coeficiente de determinação ajustado (R^2_a), maior valor de F, menor erro padrão da estimativa (SEE) e melhor distribuição gráfica dos valores residuais. Os dados que passaram por transformação logarítmica apresentaram melhores ajustes, fornecendo uma estimativa da biomassa aérea total da planta de 9395,24 ton de biomassa seca para espécie, com um coeficiente de determinação ajustado de aproximadamente 0,99. Observou-se existência de variação na partição da biomassa de acordo com o desenvolvimento estrutural das árvores. Verificaram-se baixos ajustes apresentados nas equações desenvolvidas para o compartimento partes reprodutivas, atribuído provavelmente à sazonalidade de ocorrência do compartimento. A variável área basal apresentou-se como a mais importante, presente na maioria das equações de melhor ajuste. Os modelos gerados poderão contribuir como base para trabalhos futuros para conservação do ecossistema.

Palavras-chaves: Manguezal, Equações alométricas, Zona costeira

Comitê Orientador: Francisco Sandro Rodrigues Holanda - UFS (Orientador), Ana Paula Albano Araújo – UFBA e Myrna Friederichs Landim de Souza – UFS

Allometric models for estimating the biomass of species *Rhizophora mangle* L., in the estuary of São Francisco river

ABSTRACT

SANTOS, Heide V. S. **Allometric models for estimating the biomass of a species *Rhizophora mangle* L., in the estuary of São Francisco river.** Sergipe: UFS, 97p. (Dissertation - Master Program in Agroecosystems).

Mangroves are found along the coasts of tropical and subtropical regions of the globe, growing in sheltered coastal areas on the banks of waterways at the interface of land and the sea. Mangrove are considered highly productive, ecosystems adjacent to providing the basis for their food chains. Studies of the productivity of mangroves through the estimation of plant biomass can be useful in the description of the state of mangrove forests, and contribute to the quantification of carbon removed from the atmosphere and stored in plant biomass over time. Among the methods currently used to obtain estimation of biomass, we should note the use of allometric models. The construction of these allometric models involves the measurement of variables collected in the field and setting and selection of statistical models. The objective of this work was to develop allometric equations for estimating total biomass per compartment of the species *Rhizophora mangle* L. The study area is located on the estuary of the São Francisco river bordering the states of Sergipe and Alagoas, in the northeastern of Brazil. Using 74 trees destructively samples linear models were adjusted to estimate total biomass by species compartment. We only considered the equations with a significant difference, and adopted the following selection criteria equations: the highest adjusted coefficient of determination (R^2_a), the largest F-value, lower standard error of estimate (SEE) and better graphical distribution residual values. The data underwent logarithmic transformation showed better adjustments, providing an estimation of the total plant biomass of 9395.24 ton of dry biomass to species, with a determination coefficient of approximately 0.99. It was observed variation in the presence of biomass partition according to the structural development of trees. There were low settings shown in the equations developed for the reproductive parts, probably attributed to the seasonal occurrence of the compartment. The variable basal area appeared to be the most important, present in the equations of best fit. The models can contribute as a basis for future work in conservation ecosystem.

Keywords: Mangrove, Allometric equations, Coastal zone

Guidance Committee: Francisco Sandro Rodrigues Holanda - UFS (Advisor), Ana Paula Albano Araújo – UFBA e Myrna Friederichs Landim de Souza – UFS

1. INTRODUÇÃO

As previsões dos impactos das mudanças climáticas sobre os ecossistemas tropicais têm intensificado os estudos e análises visando não somente a preservação da biodiversidade das áreas florestais como também relacionados ao clima (SANQUETA, 2002; SILVEIRA et al., 2007). Existe um potencial para os ecossistemas lenhosos armazenarem carbono e assim contribuir para estratégias de mitigação para compensar às emissões de carbono (EAMUS et al., 2000).

Com isso, é crescente o interesse pelos estudos de biomassa e conteúdo de carbono em florestas, em razão da assimilação de elementos poluentes e nocivos à qualidade de vida, pelas árvores (HOUGHTON, 1994). Estimar a biomassa vegetal, ou seja, toda massa de matéria vegetal na fração arbórea da uma floresta significa determinar a emissão potencial de carbono a ser lançado na atmosfera devido ao desflorestamento pelas queimadas e mundaças no uso da terra (LU et al., 2002).

Os manguezais são encontrados ao longo das costas tropicais e subtropicais do globo (DUKE et al., 2002). Sua posição estratégica na interface do ambiente terrestre com o ambiente marinho confere a este ecossistema características e adaptações próprias que não são encontradas em nenhum outro ecossistema tropical (ALONGI, 2009). Estes ecossistemas representam uma importante fonte de produção primária na região costeira provendo fonte de nutrientes para uma biota associada (ABOHASSAN et al. 2012).

Os estudos para quantificação de biomassa florestal dividem-se em métodos diretos, medição real de toda a biomassa vegetal de uma parcela, sendo feita a extrapolação para a área total, e métodos indiretos, com o uso de modelos alométricos baseados em dados diretos correlacionados a variáveis dendrométricas ou utilizando-se uma base de dados de um sistema de informação geográfica (HIGUCHI e CARVALHO JÚNIOR, 1994; SILVEIRA et al., 2007).

Estimativas globais da biomassa acima e abaixo do solo em manguezais naturais, florestas não manejadas e não replantadas, podem exceder 8,7 Gt de peso seco (TWILLEY et al., 1992). Tamooh et al. (2009), em trabalhos realizados no Kenia, consideram que duas razões podem ser determinantes na estimativa da biomassa em manguezais. Primeiro, o interesse na produção da madeira e segundo, sua relevância para a renovação de nutrientes, como indicadores da poluição do solo e saúde da floresta. Estimativas de biomassa acima do solo em manguezais, não apenas fornecem

mecanismos valiosos para comparações entre os ecossistemas, mas também podem ser usadas para avaliar o padrão de produtividade, ciclo de nutrientes e fluxo de energia (KUSMANA et al., 1992).

O cálculo direto da biomassa das árvores envolve o método destrutivo de coleta, estimando-se o peso fresco em campo e o peso seco após a secagem do material em estufa. É um método pouco prático, especialmente quando se trabalha com um grande número de espécies (CHANDRA et al., 2011). Uma alternativa ao método destrutivo, é o uso de modelos preditores, que são elaborados com base na análise de regressão entre a massa da árvore (geralmente dada em peso seco) e seus dados dimensionais, tais como altura e diâmetro (BURGER e DELITTI, 2010). As equações para estimativa de biomassa vegetal podem ter muitas formas, sendo que as mais comumente utilizadas são as do tipo linear e não linear (CROW e SCHLAEGELV, 1988). A escolha de uma destas formas é função da experiência em sua utilização, da relação entre as variáveis ou pela recomendação de estudos realizados em áreas de condições ambientais similares (SILVEIRA et al., 2007).

Apesar da eficiência de alguns modelos, nem sempre estes se ajustam a todas as espécies e condições, sendo recomendável testá-los por meio de estatísticas adequadas identificando o melhor para cada caso (THOMAS et al., 2006) e quando possível desenvolver modelos específicos para cada região.

Os dados do presente trabalho foram originados de um projeto de pesquisa denominado “Avaliação do potencial de florestas de Mangue como sequestradoras de carbono – Estudo de caso da floresta de mangue da foz do rio São Francisco (SE/AL) e das florestas de Mangue de Guaratiba (RJ)” financiado pela ANP/PETROBRAS/CENPES, em cooperação com a UERJ e UFRJ. O interesse no desenvolvimento objetivava avaliar o papel de florestas de mangue como sequestradoras de carbono como potencial via de investimento da indústria de óleo e gás para minimizar as emissões de carbono causadas pela queima de combustíveis fósseis.

Assim, o objetivo neste estudo foi o desenvolvimento de equações alométricas lineares ajustadas à estimativa da biomassa aérea total e por compartimento da espécie *Rhizophora mangle* L. no estuário do rio São Francisco.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área de estudo

O trabalho foi conduzido na região estuarina no baixo curso do rio São Francisco, que compreende uma área total de 11.138 ha, entre os municípios de Pacatuba e Brejo Grande (UTM 775.963,55 E; 8.840.754,56 N), localizados ao leste do estado de Sergipe, Nordeste do Brasil, distando cerca de 70,4 km de Aracaju, capital do Estado (Figura 1). No estuário do rio São Francisco é identificada uma área de aproximadamente 3.531,16 ha (35,31Km²) coberta por florestas de manguezais (JESUS, 2010).

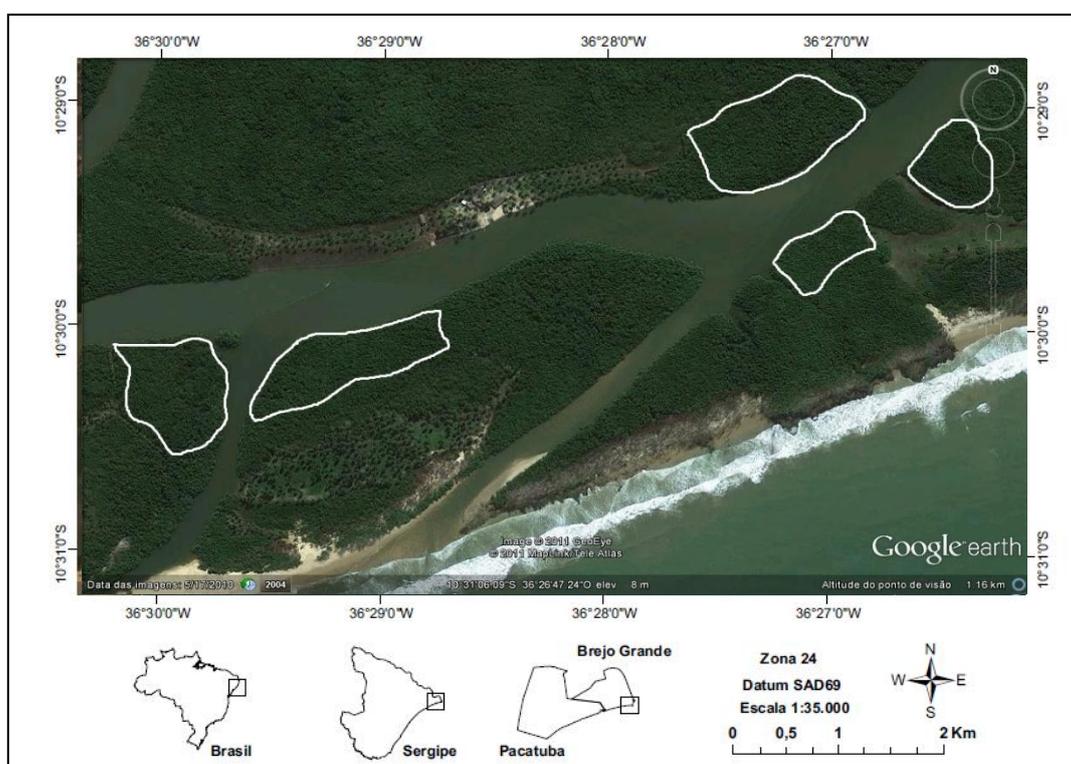


FIGURA 1 – Fotografia aérea de uma porção do estuário do rio São Francisco, com ênfase nas áreas de estudo, Sergipe – Brasil, 2011

A área estudada é cortada por uma rede de canais, sendo predominante a vegetação de mangue, que segundo Menezes (2010) é caracterizada por apresentar um baixo desenvolvimento estrutural entre os bosques, apresentando a altura média variando de 3,93 a 7,81 m e DAP médio de 2,87 a 8,22 cm, com floresta constituída

pelas espécies *Rhizophora mangl*, *Avicennia schaueriana*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*.

O clima da região é classificado como tropical megatérmico seco a sub-úmido, com temperatura média anual é de 25,7°C, com amplitude inferior a 4°C entre as médias. A precipitação pluviométrica média anual de 1.201,7mm, com período chuvoso entre os meses de março a agosto (SEPLAN, 2010; MEDEIROS e SAMPAIO, 2008).

O estuário do rio São Francisco possui uma distribuição sazonal das chuvas diferenciada. Existe uma significativa oscilação das vazões horárias devido ao fluxo e refluxo das marés (OLIVEIRA, 2003), sendo a área sujeita a um regime de mesomaré, com marés semidiurnas (duas baixa-mares e duas prea-mares).

2.2. Amostragem para estimativa da biomassa

A metodologia para coleta de dados foi adaptada de Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986); Soares (1997); Soares e Schaeffer-Novelli (2005); Burger e Delitti (2010); e Sampaio et al. (2010), considerando as condições locais.

No manguezal do estuário do rio São Francisco, as florestas de mangue são constituídas de bosques mistos, com dominância da *R. mangle* que apresentou Densidade absoluta (DA) de 2142,95 ind/ha. Os parâmetros estruturais médios da espécie obtidos com o levantamento fitossociológico, mostraram DR (77,23%) e DoR (78,38%), o que propiciou um elevado Índice de Valor de Importância (IVI = 65,85%) (Tabela 1) (MENEZES, 2010). Os altos valores de DR, DoR e IVI apresentados para a *R. mangle* em relação as demais espécies de mangue presentes do estuário foram decisivos na seleção da espécie para o desenvolvimento do trabalho.

TABELA 1 - Parâmetros estruturais médios da *R. mangle*, no manguezal do estuário do rio São Francisco, Sergipe

PARÂMETROS	VALORES MÉDIOS
DAP médio (cm)	7,43
Altura média (m)	6,89
Área basal (m ²)	13,85
Densidade relativa (%)	77,23
Dominância relativa (%)	78,38
Valor de Importância (%)	65,85

FONTE: Menezes, 2010

A partir dos dados deste levantamento fitossociológico foram também definidas as amplitudes das classes de DAP (diâmetro à altura do peito) das árvores a serem coletadas para o desenvolvimento dos modelos lineares de estimativa de biomassa vegetal. Foram medidas, ao longo do estuário, a biomassa aérea de 74 árvores de *R. mangle* L., respeitando-se a distribuição entre as classes de DAP (Quadro 1). Para coleta foi adotado o método destrutivo direto, que consiste na determinação da biomassa aérea fresca por meio do corte e da pesagem de todo material vegetal dos compartimentos (tronco, galho principal, galhos, ramos, folhas, partes reprodutivas e raízes aéreas), possibilitando, desta forma, a amostragem de árvores de todos os tamanhos, objetivando a construção de modelos representativos.

QUADRO 1 – Amplitude das classes diamétricas utilizadas para a espécie *R. mangle* no manguezal do estuário do rio São Francisco, 2010

<i>Classe Diamétrica</i>	<i>No. de Amostras</i>	<i>Classe Diamétrica</i>	<i>No. de Amostras</i>	<i>Classe Diamétrica</i>	<i>No. de Amostras</i>
0 – 1	4	8 – 9	4	19 – 21	2
1 – 2	4	9 – 10	4	21 – 23	2
2 – 3	4	10 – 11	4	23 – 25	2
3 – 4	4	11 – 12	4	25 – 28	2
4 – 5	4	12 – 13	4	28 – 31	2
5 – 6	4	13 – 15	2	31 – 34	2
6 – 7	4	15 – 17	2	34 – 37	2
7 – 8	4	17 – 19	2	37 – 41	2

Para cada árvore coletada foram mensuradas as variáveis abaixo apresentadas (KHAN et al. 2005; SOARES e SCHAEFFER-NOVELLI, 2005; SAMPAIO et al., 2010):

- Circunferência à Altura do Peito (1,30 cm), ou acima da última raiz escora - medida com fita métrica comum e convertida em diâmetro à altura do peito ($DAP = CAP/\pi$);
- Altura total (H) – medida com fita métrica após a derrubada da árvore;
- Circunferência da base do tronco;
- Circunferência da copa;
- Área da copa;
- Comprimento do galho principal e do tronco.

Para determinar a área ocupada pela copa das árvores foram utilizados os diâmetros mensurados em campo, de forma perpendicular, considerando-a como uma elipse, calculada através da fórmula adotada por Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986) e Soares (1997):

$$\text{Área da copa} = \frac{\pi \times d_1 \times d_2}{4} \quad (1)$$

onde $\pi = 3,14159$ e, d_1 e d_2 são os diâmetros medidos pela projeção da copa sobre o solo.

Após a obtenção das medidas estruturais, as árvores foram cuidadosamente derrubadas, utilizando-se uma motosserra e/ou facão (para raízes e galhos mais finos), procurando-se evitar a perda de ramos e folhas e também que os mesmos entrassem em contato com o solo, aumentando assim o teor de umidade. Para medida da biomassa fresca, cada árvore foi separada manualmente nos seguintes compartimentos: folhas (incluindo brotos e estípulas); partes reprodutivas (flores, frutos e propágulos); ramos (galhos menores que 2,5 cm de diâmetro); galhos (galhos maiores ou iguais a 2,5 cm de diâmetro); galho principal (originado da bifurcação do tronco e de maior comprimento); tronco e raízes aéreas (SOARES e SCHAEFFER-NOVELLI, 2005; SOCHER et. al. 2008; BURGER e DELITTI, 2010; FATEMI et. al., 2011). Em seguida cada compartimento foi pesado com auxílio de balanças do tipo dinamômetro com capacidade para 20 kg e precisão de 500 g.

Quanto à amostragem de cada compartimento, vale destacar que árvores com DAP inferior a 7,0 cm foram coletadas em sua totalidade, e quando superior, foram retiradas amostras, de tamanho variado (350 – 3600 g) de acordo com o compartimento amostrado, a disponibilidade de material e o tamanho da árvore. Verificada a massa fresca (úmida), as amostras foram secas em estufa de circulação de ar, por 15 dias à 70°C, para posterior determinação da massa seca.

2.3 Processamento das amostras em Laboratório e Tratamento Estatístico dos dados

A massa seca dos compartimentos foi quantificada em balanças de precisão (0,01 g), para posterior cálculo da massa seca total de cada árvore (SOARES, 1997; SOARES e SCHAEFFER-NOVELLI, 2005; KIRUI et al., 2006).

Os dados foram sistematizados por compartimento (tronco, galho principal, galhos, ramos, partes reprodutivas, folhas e raízes aéreas) e analisados estatisticamente

pelo *software* STATISTICA 7.0. Os modelos foram testados levando-se em consideração todas as variáveis e combinações de variáveis independentes, a nível de 1% de probabilidade.

Para a estimativa da biomassa da *R. mangle*, foram testados modelos de regressão linear adotados para diferentes áreas de manguezal (SOARES, 1997; HIGUCHI et al., 1998; ONYEKWELU, 2004; COMLEY e McGUINNESS, 2005; SOARES e SCHAEFFER-NOVELLI, 2005), representadas algebricamente pela equação geral:

$$y = a + bx \quad (2)$$

onde, y = variável dependente, x = variável independente e a e b são parâmetros estimados (DRAPER e SMITH, 1998).

A análise da relação massa fresca versus massa seca, foi realizada por meio do modelo de regressão linear eliminando-se o intercepto ($a = 0$). A relação entre as duas variáveis pode ser expressa pela equação linear:

$$y = bx \quad (3)$$

onde x é a variável independente, y a variável dependente, e b é o coeficiente angular de regressão (ZAR, 2010). As equações obtidas desta relação foram agrupadas nos compartimentos: partes lenhosas (tronco, galho principal e galhos), ramos, folhas, partes reprodutivas e raízes.

Para obtenção de uma equação que melhor se ajustasse a estimativa de biomassa aérea seca, total e por compartimentos (SOARES, 1997; ONYEKWELU, 2004; SOARES e SCHAEFFER-NOVELLI, 2005; BURGER e DELITTI, 2008), os modelos foram testados utilizando as seguintes variáveis independentes e suas combinações (Quadro 2):

QUADRO 2 - Variáveis independentes utilizadas para estimativa de biomassa de *R. mangle*

<i>Variável</i>	<i>Unidade</i>	<i>Variável</i>	<i>Unidade</i>	<i>Variável</i>
DAP	cm	(DAP) ²	-	DAP ² x Altura
Altura	m	(Altura) ²	-	(DAP ² x Altura) ²
Área da copa	m ²	(Área copa) ²	-	DAP ² + Altura + (DAP ² x Altura)
Diâmetro médio da copa	m	(Diâmetro médio da copa) ²	m	Área basal x Altura

Área Basal	m^2	$(\text{Área basal})^2$	m^2/ha	$(\text{Área basal})^2 \times \text{Altura}$
DAP x Altura		$(\text{DAP} \times \text{Altura})^2$	-	

O número amostral de alguns compartimentos foi reduzido, foram excluídos indivíduos (árvores) que por estarem ainda em fase inicial de desenvolvimento ou, ainda, pela época da coleta não possibilitaram a amostragem de alguns compartimentos como galho principal, galhos e partes reprodutivas. Para o compartimento raízes aéreas as amostras foram consideradas em sua totalidade, não havendo especificação sobre raízes lenhosas ou não lenhosas.

Foram também ajustadas equações agrupando compartimentos, com objetivo de determinar a biomassa seca de porções importantes da planta (SOARES, 1997).

- a) Partes verdes (Folhas + Partes reprodutivas);
- b) Copa 1 (Folha + Partes reprodutivas + Ramos);
- c) Copa 2 (Folhas + Parte Reprodutivas + Ramos + Galhos);
- d) Copa 3 (Folhas + Partes Reprodutivas + Ramos + Galhos principais);
- e) Galhos principais + Tronco;
- f) Partes lenhosas (Ramos + Galhos + Galhos principais + Tronco + Raízes);
- g) Partes aéreas (com exceção de raízes);

Na avaliação da qualidade do ajustamento dos modelos, os pressupostos básicos do modelo linear foram verificados segundo recomendações de Zar (2010). As suposições básicas de normalidade e homogeneidade de variância das equações foram testadas inicialmente pela análise visual realizada através dos diagramas de dispersão dos resíduos confrontados com a variável independente (SOARES, 1997; ABOAL et al., 2005). Identificadas violações desses pressupostos os dados foram transformados logaritmicamente (DRAPER e SMITH, 1998).

A transformação logarítmica estabiliza o efeito do aumento da variância da biomassa com o aumento do tamanho das árvores, isto é, diminui a heterocedasticidade (ZAR, 2010), possibilitando a utilização da análise de regressão linear. Esta transformação foi aplicada a ambas as variáveis (dependentes e independentes) (SOARES e SCHAEFFER-NOVELLI, 2005). Quando se opta pela utilização da transformação de dados, todas as comparações feitas entre as médias são também realizadas na escala transformada. Assim em alguns casos, a equação se transformou para gerar um modelo linear (EAMUS et al., 2000), expresso por:

$$\ln(y) = a + b \ln(x) \quad (4)$$

Fazendo uso da transformação logarítmica as variáveis dependentes transformadas (biomassa seca dos compartimentos) foram processadas com as seguintes variáveis independentes também transformadas (Quadro 3).

QUADRO 3 - Variáveis independentes transformadas utilizadas para estimativa de biomassa de *R. mangle*

<i>Variável</i>	<i>Unidade</i>
Ln (DAP)	cm
Ln (Altura)	m
Ln (Área da copa)	m ²
Ln (DAP x Altura)	-
Ln (Diâmetro médio da Copa)	m
Ln (DAP ² x Altura)	-

Para atestar a normalidade dos dados, foi adotado o teste de Komolgorov-Sminorv, que compara a distribuição real dos dados (amostra) com uma distribuição normal gerada por uma média e um desvio padrão supostamente conhecidos, e o teste do Qui-quadrado, que testa o quanto a distribuição dos dados da amostra observada difere de uma distribuição hipotética (ZAR, 2010).

A significância das regressões foi avaliada por meio da análise de variância (ANOVA), sendo fornecidos os seguintes parâmetros pelo *software* STATISTICA 7.0:

- Número amostral;
- R²a (Coeficiente de determinação ajustado);
- F (Estatística da análise de variância);
- SEE (Erro Padrão da Estimativa);
- Coeficientes de regressão e seus erros padrões.

Das regressões lineares testadas foram consideradas aquelas que apresentaram diferenças significativas. Levando em consideração os estudos de Brown et al. (1989); Brown et al. (1997); Soares (1997); Higuchi et al. (1998); Onyekwelu (2004); Sah et al. (2004) e Soares e Schaeffer-Novelli (2005), foi definido como critério de avaliação (qualidade do ajustamento), aquela que apresentasse: (a) Maior Coeficiente de

determinação ajustado (R^2a); (b) Menor Erro padrão da estimativa (SEE); (c) Maior valor do teste F; e (d) Melhor Distribuição gráfica dos valores residuais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise das regressões

Equações alométricas para manguezais têm sido desenvolvidas por várias décadas para estimar a biomassa e o crescimento subsequente (KOMIYAMA et al., 2008). Usando os dados das 74 árvores amostradas foram obtidas regressões da relação massa seca versus massa fresca por compartimento, apresentados na Tabela 2. Todas as regressões originárias desta relação mostraram-se significativas a nível de 1% de probabilidade, segundo análise de variância (F). O coeficiente de determinação ajustado (R^2a) apresentou valores superiores a 0,91, o que sugere boa correlação entre as variáveis.

TABELA 2 – Dados da regressão Massa Seca (g) x Massa Fresca (g) da *Rhizophora mangle* L.

Compartimento	Nº	Equação	R^2a	Epb
Partes lenhosas	74	$y = 0,651467 (x) **$	0,97	0,009046
Ramos	74	$y = 0,479409 (x) **$	0,94	0,013583
Folhas	74	$y = 0,351908 (x) **$	0,91	0,012867
Partes reprodutivas	42	$y = 0,335009 (x) **$	0,96	0,010922
Raízes	74	$y = 0,443327 (x) **$	0,93	0,014143

Modelo $y = b(x)$; Nº = número amostral; R^2a = coeficiente de determinação ajustado; y = massa seca; x = massa fresca; Epb= erro padrão do parâmetro “b”; ** Regressão significativa a 1%

Os testes de normalidade aplicados nas equações obtidas desta relação acusaram tendência a heterogeneidade da variância, comportamento verificado através da análise visual da distribuição dos resíduos (Figura 2). Casos como este poderiam ser corrigidos através da transformação das variáveis, entretanto tal procedimento acarretaria numa deformação dos dados (SOARES, 1997) quando dá necessidade de realizar nova transformação pra atendimento da linearidade do modelo.

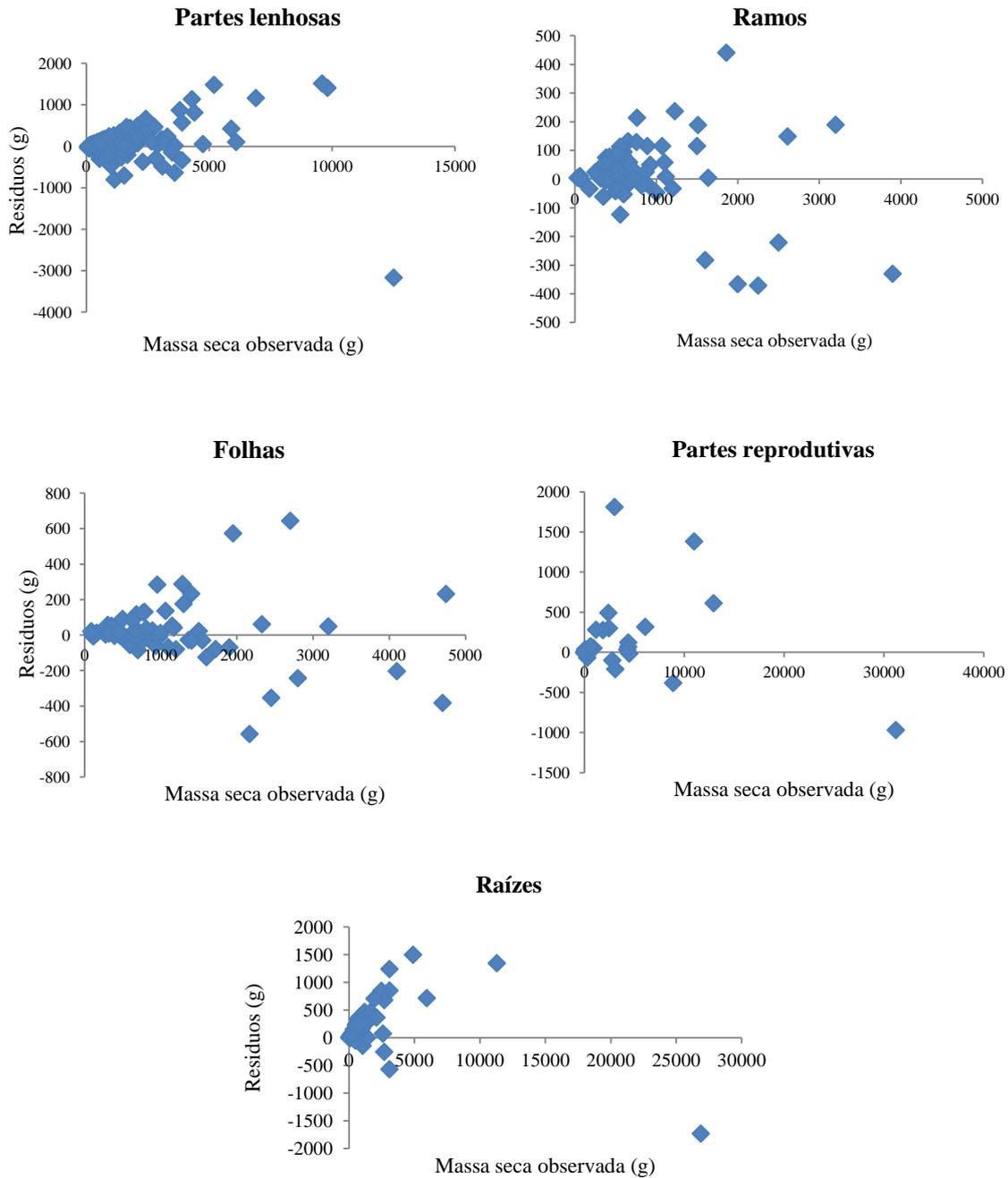


FIGURA 2 - Resíduos e distribuição da massa seca observada (g) - Relação massa fresca versus massa seca

Os modelos foram priorizados e adotados integralmente apesar da heterogeneidade encontrada, pelo pressuposto que, estas equações responderiam de maneira mais adequada aos dados, quando comparadas às equações desenvolvidas para outras realidades, considerando que cada manguezal possui suas características vinculadas ao seu processo de formação e as transformações ocorridas, assim o uso de equações desenvolvidas para outras áreas poderia subestimar ou superestimar as

estimativas no estuário. Para manguezais, especialmente sul-americanos, equações específicas do local ainda pode ser a melhor opção, demonstrando que a busca de equações gerais deve continuar (MEDEIROS e SAMPAIO, 2008).

Com base nos resultados obtidos da relação massa fresca versus massa seca foram desenvolvidas 375 equações de regressão linear, considerando todas as variáveis mensuradas em campo e possíveis combinações de variáveis.

O teste de significância das regressões mostrou que a maioria das equações foi significativa pelo Teste F ($p \geq 0,01$) (Apêndice Tabela 3 a Tabela 17), com exceção do compartimento “Partes reprodutivas” que apresentou algumas equações significativas a 5% de probabilidade e também equações não significativas, como também identificado por Soares (1997) que estudou a mesma espécie no manguezal de Guaratiba - RJ.

Das equações consideradas significativas, foram eliminados os casos onde dois ou mais modelos apresentavam igualdade de parâmetros, ou seja, o mesmo ajuste e o mesmo erro da estimativa da biomassa (Tabela 18), prevalecendo as equações com variável mais facilmente obtida, já que não caberia a adoção de modelos mais complexos se temos modelos de variáveis mais simples e que forneceriam os mesmo resultados (SOARES e SCHAEFFER-NOVELLI, 2005).

Após a eliminação das igualdades no processo de estimativa da biomassa da espécie estudada fez necessário à seleção das equações. A precisão do ajustamento foi realizada de forma mais criteriosa possível, utilizando o Coeficiente de Determinação Ajustado (R^2_a) (BROWN et al. 1989; SOARES e SCHAEFFER-NOVELLI, 2005), a Análise de Variância (teste de F) e Erro Padrão da Estimativa (SEE) (SILVEIRA et al., 2007; SOARES e SCHAEFFER-NOVELLI, 2005) como critérios de escolha das equações de regressão (Apêndice - Tabela 19 a Tabela 34). Destaca-se que na seleção seguindo os critérios mencionados não foi observado influência negativa nas equações, diferente de Soares (1997) que observou aumento do Erro Padrão da Estimativa (SEE) em alguns modelos selecionados pelo R^2_a . No presente estudo verificou-se que os modelos com maior R^2_a apresentaram menores SEE, para todos os compartimentos, incluindo a biomassa total.

Na etapa seguinte foram aplicados os testes de normalidade de Komolgorov-Smirnov e do teste do Qui-quadrado aos modelos, onde ficou demonstrado que em geral os modelos que sofreram transformação logarítmica atendem melhor aos pressupostos de normalidade, descrevendo melhor a relação entre a biomassa e as variáveis independentes, corroborando com os achados de Clough e Scott (1989), Ong et al.

(2004), Comley e MacGuinness (2005) e Hossain et al. (2008). De modo que as equações que não passaram pela transformação logarítmica também foram excluídas, por apresentarem tendência a heterogeneidade das variâncias (Apêndice - Tabela 35 e Tabela 36).

Verificou-se um bom número de modelos que apresentaram bons ajustes, o que fornece um bom leque de opções em equações. Da composição dos modelos embora a variável DAP seja considerada na literatura como de fácil obtenção presente em muitos modelos (CLOUGH e SCOTT, 1989; FROMARD et al., 1998; COMLEY e McGUINNESS, 2005) observou-se que para as estimativas de biomassa aérea na pesquisa, equações compostas pela combinação das variáveis Área basal e Altura estiveram presentes na maioria das equações que apresentaram bons ajustes. Outros estudos também encontraram bons ajustes com estas variáveis, exemplo, Tamooh et al. (2009) estimaram a biomassa das folhas da espécie *R. mucronata* na Baía de Gazy usando equações ajustadas com a variável Área basal como melhor preditor, Soares (1997) também encontrou bons ajustes com a variável Área basal para biomassa aérea total da *R. mangle* em Guaratiba-RJ e Murali et al. (2005) que utilizaram a área basal e altura para desenvolver equações para estimativa de biomassa em florestas tropicais decíduas. .

Entretanto percebe-se que os valores apresentados pelo Erro Padrão das Estimativas (SEE) destas equações, valores estes que foram utilizados como critérios de seleção, diferiram muito pouco dos valores apresentados por equações compostas por variáveis mais simples, como DAP. Outro fator a ser considerado, é que muitas destas equações apresentaram valores de Coeficiente de Determinação Ajustado semelhantes ou com variações muito pequenas, ficando a critério a escolha da melhor equação considerando a simplicidade de aplicação da mesma. Para auxiliar nesta escolha Burger e Delitti (2008) referem que modelos que requerem o DAP como variável possuem vantagem pela facilidade de medição em campo sendo pouco sujeito a erros.

Finalizados todos os procedimentos para escolha dos modelos mais ajustados e levando em consideração a simplicidade da variável, foi obtida uma regressão para estimar a biomassa aérea total e biomassa por compartimento (Tabela 36).

TABELA 36 – Equações selecionadas para estimativa de biomassa aérea total e por compartimento da *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco, SE

MODELO	BIOMASSA	Nº	R ² a	F	SEE
Ln (biomassa) = a + b Ln (DAP ² x H)	Tronco	74	0,98	3179,580	0,349
Ln (biomassa) = a + b Ln (DAP ² + H + DAP ² x H)	Galho principal	60	0,85	342,9470	0,769
Ln (biomassa) = a + b Ln (DAP)	Galhos	64	0,92	746,0843	0,547
Ln (biomassa) = a + b Ln (Área basal ² x H)	Ramos	74	0,95	1343,560	0,447
Ln (biomassa) = a + b Ln (Área basal ² x H)	Folhas	74	0,94	1197,919	0,413
Ln (biomassa) = a + b Ln (DAP)	Partes reprodutivas	43	0,43	32,06745	1,560
Ln (biomassa) = a + b Ln (DAP ² x H)	Raízes	74	0,96	1799,216	0,494
Ln (biomassa) = a + b Ln (Área basal ² x H)	Total	74	0,99	7313,432	0,234

Modelo $y = a + b(x)$; H – Altura; nº = número amostral; R²a = Coeficiente de Determinação Ajustado; F = Variância F da regressão; SEE= Erro Padrão da Estimativa;

Verificou-se que o agrupamento de compartimentos para obtenção de equações para estimativa de biomassa de porções da planta foi vantajoso (Tabela 37), por apresentarem maiores valores de R²a. Exemplos disso são as equações obtidas para determinação de biomassa das Partes aéreas (0,99) e das Partes lenhosas (0,99), que apresentam 06 (seis) e 05 (cinco) compartimentos, respectivamente.

TABELA 37 – Equações selecionadas para estimativa de biomassa por combinação de compartimentos de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco, SE

MODELO	BIOMASSA	Nº	R ² a	F	SEE
Ln (biomassa) = a + b Ln (área basal ² x H)	Partes verdes	74	0,94	1159,572	0,427
Ln (biomassa) = a + b Ln (área basal ² x H)	Partes aéreas	74	0,99	7007,320	0,237
Ln (biomassa) = a + b Ln (Área basal ² x H)	Copa 1	74	0,95	1476,419	0,401
Ln (biomassa) = a + b Ln (DAP)	Copa 2	74	0,97	2412,159	0,397
Ln (biomassa) = a + b Ln (Área basal ² x H)	Copa 3	74	0,97	2472,099	0,398
Ln (biomassa) = a + b Ln (DAP ² x H)	Partes lenhosas	74	0,99	7365,104	0,239
Ln (biomassa) = a + b Ln (DAP ² x H)	Galho Principal + tronco	74	0,98	4161,717	0,308

Modelo $y = a + b(x)$; nº = número amostral; R²a = Coeficiente de Determinação Ajustado; F = Variância F da regressão; SEE= Erro Padrão da Estimativa

3.2 Estimativa da biomassa nos compartimentos da planta

Utilizando a equação de regressão de melhor ajuste para estimativa da biomassa aérea total, expressa na forma: $\text{Ln (Biomassa total)} = 14,86763 + 0,51320 \text{ Ln (Área basal}^2 \text{ x H)}$ (R²a 0,99), as árvores coletadas no estudo apresentaram biomassa área total de 0,78 ton. O valor estimado ficou bem próximo ao valor estimado usando a equação desenvolvida por Soares e Schaeffer-Novelli (2005) para a espécie em manguezal de

Bertioga-SP, expressa na forma $\text{Ln}(\text{Biomassa total}) = 4,89219 + 2,61724 \text{ Ln}(\text{DAP})$ (R^2 0,99) e que correspondeu a aproximadamente 0,77 ton de massa seca. Estes valores semelhantes podem sugerir uma estrutura de bosque semelhante ao encontrado no estuário do rio São Francisco.

Com relação as equações desenvolvidas para o compartimento “Partes reprodutivas”, observou-se ajustes baixos e variáveis com valores de R^2 inferiores a 0,43, sugerindo que o máximo de 43% da variação da variável dependente pode ser explicada pela variação nas demais variáveis independentes. Este resultado corrobora com aqueles observados por Tamai et al. (1986), Soares (1997), Soares e Schaeffer-Novelli (2005). A variabilidade encontrada nos modelos para este compartimento foi atribuída à idade da árvore amostrada e à época de coleta. Diante destas condições, considerar a combinação de compartimentos é uma forma de contornar a variância, a exemplo da junção das Partes reprodutivas às Folhas, cujas equações testadas não sofreram variação significativa em seus coeficientes, fornecendo uma estimativa mais precisa, do que quando avaliada de maneira individual. Porém neste procedimento perde-se detalhamento de informações sobre os vários compartimentos da planta.

Os compartimentos lenhosos da planta apresentaram a maior contribuição de biomassa (Figura 3), pouco mais de 75%, sugerindo que a planta direciona maior incremento de biomassa para esses compartimentos. Essa maior contribuição dos compartimentos lenhosos da planta para a biomassa aérea total foi também observada por outros autores que desenvolveram trabalhos utilizando modelos estatísticos para estimar a biomassa em manguezais (FROMARD et al., 1998; KOMIYAMA et al., 2006; KHAN et al., 2005; MEDEIROS e SAMPAIO, 2008). Kusmana et al. (1992) e Kusmana (1997), acrescentam que a diferença entre os valores lenhosos e não lenhosos está ligado diretamente à função fotossintética ou ainda porque componentes como Tronco e Raízes escora, por exemplo, não respondem sensivelmente às influências ambientais por não serem muito ativos metabolicamente (TAMOOH et al., 2009). Dentre os compartimentos lenhosos da planta, o tronco foi o que apresentou maior contribuição para a biomassa, com 720,43 kg o que equivale a cerca de 19%.

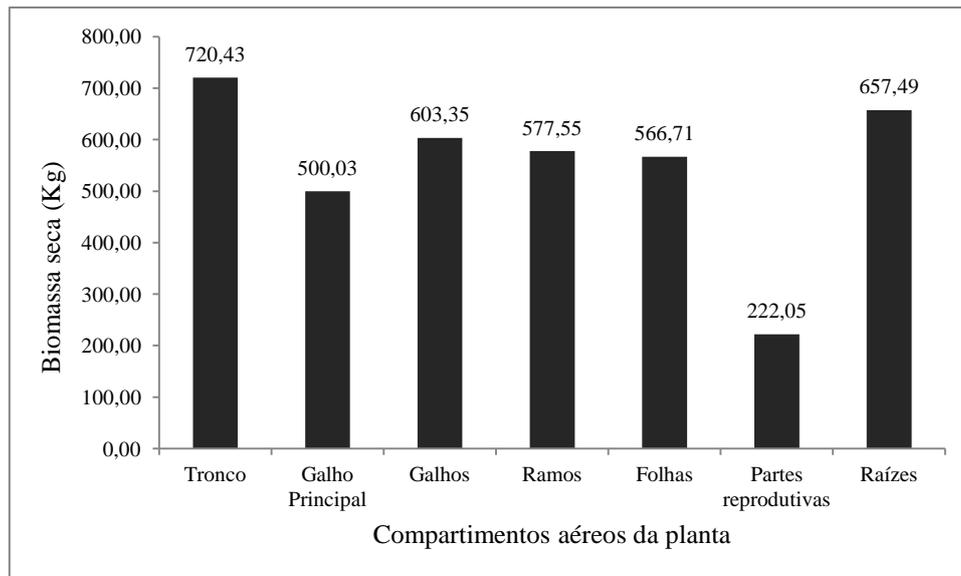


FIGURA 3 - Contribuição da biomassa dos compartimentos para a biomassa aérea total das árvores amostradas no estuário do rio São Francisco, SE

As raízes contribuíram com 657,49 kg (cerca de 17%) para a biomassa total das árvores, sendo um percentual similar ao encontrado em florestas de mangue maduras (15-17%) na Tailândia e na Indonésia (TAMAI et al., 1986; KUSMANA et al., 1992). Coronado-Molina et al. (2004) afirmam que espécies como a *Rhizophora apiculata* e *R. mangle* crescendo em condições ótimas de luz e nutrientes direcionam mais matéria seca aos compartimentos Tronco e Galhos do que para o compartimento Raiz, diferentemente do que foi encontrado na pesquisa, embora ressalta-se que os valores estiveram bem próximos. Clough e Scott (1989) sugerem que essa maior contribuição pode também ser reflexo da maior necessidade de suporte que os maiores indivíduos do gênero *Rhizophora* requerem.

No manguezal do estuário do rio São Francisco, as equações para determinação da biomassa que apresentaram melhor ajuste aos dados para estimativa de biomassa da *R. mangle*, basearam-se principalmente na combinação das variáveis independentes: DAP, altura e área basal.

Utilizando os dados estruturais apresentados pelo levantamento fitossociológico realizado por Menezes (2010), e a equação aqui definida para a estimativa de biomassa aérea total da espécie *Rhizophora mangle* em manguezais sergipanos, pode-se inferir que a estimativa de biomassa seca nas florestas de mangue analisadas fitossociologicamente no estuário do rio São Francisco, seja de aproximadamente

9395,24 ton para uma área equivalente a 335,82 ha. Ainda estão dispostos na tabela 39 os valores de biomassa estimada para as estruturas aéreas usando as equações ajustadas na pesquisa e a aérea analisada.

TABELA 38 – Estimativa de biomassa aérea nas estruturas arbóreas da espécie *R.mangle* L. para a área analisada fitossociologicamente, estuário do rio São Francisco, SE

ESTRUTURA	BIOMASSA SECA	
	ton	ton/ha
Tronco	16,58	0,0494
Galho principal	12,85	0,0383
Galhos	14,30	0,0426
Ramos	13,64	0,0406
Folhas	13,54	0,0403
Partes reprodutivas	5,74	0,0171
Raízes	14,80	0,0441

É importante comentar que, a estimativa de biomassa seca para o estuário do São Francisco foi realizada tendo como base os resultados de Jesus (2010), que utilizando imagens de forma comparativa estimou uma área total de 3531,16 ha cobertas por florestas de mangue, no entanto, das imagens a mais recente utilizada data o ano de 2006.

4. CONCLUSÕES

Dentre as equações de regressão selecionadas, de acordo com as características estatísticas dos resultados, o modelo logaritmico gerou a melhor descrição da relação entre biomassa e as variáveis independentes.

Os modelos desenvolvidos e validados neste estudo geram uma boa estimativa com cerca de 99% de confiabilidade da estimativa da massa seca (ton) das árvores *Rhizophora mangle* L. no estuário do rio São Francisco.

A variável Área basal apresenta-se como a variável mais importante na validação de modelos para estimativa de biomassa, apresentando-se sozinho ou associado com a altura (H).

A variabilidade encontrada na estimativa da biomassa seca das partes reprodutivas e sua baixa contribuição para a biomassa aérea total da planta estão relacionadas à sazonalidade desse compartimento.

Os modelos gerados para estimativa da biomassa aérea da espécie *Rhizophora mangle* possibilitarão estimar a biomassa no estuário do rio São Francisco, contribuindo como base para trabalhos futuros que vislumbrem a conservação deste ecossistema.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOAL, J. R.; ARÉVALO, J. R.; FERNÁNDEZ, A. Allometric relationships of different tree species and stand aboveground biomass in the Gomera laureal Forest (Canary Islands). **Flora** 200: p. 264-274, 2005.
- ABOHASSAN, R. A. A.; OKIA, C. A.; AGEA, J. G.; KIMOND, J. M. e McDONALD, M. M. Perennial biomass production in arid mangrove system on the red sea coast of Saudi Arabia. **Environmental Research** 6(1): 22-31, 2012.
- ALONGI, D. M. Paradigm shifts in mangrove biology. **Coastal wetlands: An integrated ecosystem approach**, p. 615-634, 2009.
- BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R. e LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest Inventory data. **Forest Science**, v. 35, nº 4: p. 891-902, 1989.
- BROWN, S.; SCHROEDER, P. e BIRDSEY, R. Aboveground biomass distribution of US eastern hardwood forests and the use of large trees as an indicator of forest development. **Forest Ecology and Management** 96: p. 37-47, 1997.
- BURGER, D. M. e DELITTI, W. B. C. Modelos preditores da fitomassa aérea da Floresta Baixa de Restinga. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1: p. 143-153, 2010.
- CHANDRA, I. A.; SECA, G.; e HENA, M. K. A. Aboveground biomass production of *Rhizophora apiculata* Blume in Sarawak mangrove forest. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences** 6(4), p. 469-474, 2011.
- CLOUGH, B. F. e SCOTT, K. Allometric relationships for estimating above-ground biomass in six mangrove species. **Forest Ecology and Management** 27: p. 117-127, 1989.
- COMLEY, B. W. T. e McGUINNESS, K. A. Above- and below-ground biomass, and allometry, of four common northern Australian mangroves. **Australian Journal of Botany** 53: p. 431-436, 2005.
- CORONADO-MOLINA, C.; DAY Jr, J. W.; REYS, E. e PERES, B. C. Standing crop and aboveground biomass partitioning of a dwarf mangrove Forest in Taylor River Slough, Florida. **Wetlands Ecology and Management** 12: 157-164, 2004.
- CROW, T. R.; SCHLAEGEL, B. E. A guide to using regression equations for estimating tree biomass. **Northern Journal of Applied Forestry**, v. 5, n.1, mar, 1988.

DRAPER, N. R. e SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. John Wiley and Sons, New York, 709 p, 1998.

DUKE, N. C.; LO, E. Y. Y. e SUN, M. Global distribution and genetic discontinuities of mangroves – emerging patterns in the evolution of *Rhizophora*. **Trees**: p. 65-79, 2002.

EAMUS, D.; MCGUINNESS, K e BURROWS, W. Review of allometric relationships for estimating woody biomass for Queensland, the Northern territory and Western Australia. **Environment Australia Cataloguing – in- Publication**, 64 p., 2000.

FATEMI, F. R.; YANAI, R. D.; HAMBURG, S. P.; VADEBONCOEUR, M. A.; ARTHUR, M. A.; BRIGGS, R. D. e LEVINE, C. P. Allometric equations for young northern hardwoods: the importance of age-specific equations for estimating aboveground biomass. **Canadian Journal of Forest Research** 41: p. 881-891, 2011.

FROMARD, F.; PUIG, H.; MOUGIN, E.; MARTY, G.; BETOULLE, J. L. e CADAMURO, L. Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. **Oecologia** 115: p. 39-53, 1998.

HIGUCHI, N. e CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: SEMINÁRIO EMISSÃO x SEQUESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. **Anais**: CURD, p.125-145, 1994.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazônica** 28(2): p. 153-166, 1998.

HOSSAIN, M.; OTHMAN, S.; BUJANG, J. S. e KUSNAN, M. Net primary productivity of *Bruguiera parviflora* (Wight & Arn.) dominated mangrove forest at Kuala Selangor, Malaysia. **Forest Ecology and Management** 255: p. 179-182, 2008.

HOUGHTON, R. A. **As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais**. In: SEMINÁRIO EMISSÃO x SEQUESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL. Rio de Janeiro. **Anais**: CURD, p. 38-76, 1994.

JESUS, A. S. de. **Alteração da paisagem na Região estuarina do rio São Francisco no período de 1987 a 2006**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Sergipe, 2010

KHAN, M. N. I.; SUWA, R.; HAGIHARA, A. Allometric relationships for estimating the aboveground phytomass and leaf area of mangrove *Kandelia candel* (L.) Druce trees in the Manko Wetland, Okinawa Island, Japan. **Trees** 19: p. 266-272, 2005.

KIRUI, B.; KAIRO, J. G. e KARACHI, M. Allometric equations for estimating above ground biomass of *Rhizophora mucronata* Lamk. (Rhizophoraceae) mangroves at Gazi Bay, Kenya. **Western Indian Ocean Journal Marine Science**, v. 5, n. 1: p. 27-34:2006.

KOMIYAMA, A. **What is required for scientists towards the mangrove management?** In: Kyoto Symposium on Mangrove Management. p. 1–17, 2006.

KUSMANA, C. An estimation of above-and below-ground tree biomass of a mangrove forest in east Kalimantan, Indonesia. **Journal of biological resources management**, v. II, n. 1: p. 19-26, 1997.

KUSMANA, C.; SABIHAM, S.; ABE, K. e WATANABE, H. An estimation of above ground tree biomass of a mangrove Forest in East Sumatra, Indonesia. **Tropics** 4 v. 1: p. 243-257, 1992.

LU, D.; MAUSEL, P.; BRONDIZIO, E e MORAN, E. Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBA research. **International Journal of Remote Sensing** 23: p. 2651-2671, 2002.

MEDEIROS, T. C. C. e SAMPAIO, E. V. S. B. Allometry of aboveground biomasses in mangrove species in Itamaracá, Pernambuco, Brazil. **Wetlands Ecology Manage.** 16: p. 323-330, 2008.

MENEZES, L. C. S. de. **Estrutura e produção de serapilheira de floresta de mangue na região estuarina-lagunar do Baixo São Francisco Sergipano.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas. Universidade Federal de Sergipe, 2010.

MURALI, K. S.; BHAT, D. M. E RAVINDRANATH, N. H. Biomass estimation equations for tropical deciduous and evergreen forests. **International Journal Agricultural Resources, Governace and Ecology**, v. 4, nº 1, p. 81-92, 2005.

OLIVEIRA, A. M de. **Estudo Hidrodinâmico Sedimentológico do Baixo São Francisco, Estuário e Zona Costeira Adjacente (AL/SE).** UFAL. Maceió: Al, 2003.

ONG, J. E.; GONG, W. K. e WONG, C. H. Allometry and partitioning of the mangrove, *Rhizophora apiculata*. **Forest Ecology and Management** 188: p. 395-408, 2004.

ONYEKWELU, J. C. Above-ground biomass production and biomass equations for even-aged *Gmelia arborea* (ROXB) plantations in south-wertern Nigeria. **Biomass and Bioenergy** 26: p. 39-46, 2004.

SAH, J. P.; ROSS, M. S.; KOPTUR, S.; e SNYDER, J. R. Estimating aboveground biomass of broadleaved woody plants in the understory of Florida Keys pine forests. **Forests Ecology and Management** 203: p. 319-329, 2004.

SAMPAIO, E.; GASSON, P.; BARACAT, A.; CUTLER, D.; PAREYN, F e LIMA, K. C. Trees biomass estimation in regenerating áreas of tropical dry vegetation in northeast Brazil. **Forest ecology and management** 259: p. 1135-1140, 2010.

SANQUETTA, C. R. **Métodos de determinação de biomassa florestal**. In: SANQUETTA, C.R. *et al.* (Eds.). As florestas e o carbono. Curitiba, p. 119-140, 2002.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y e CITRÓN, G. **Guia para estudo de áreas de manguezal: estrutura, função e flora**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1986.

SEPLAN, Secretaria de Estado do Planejamento, Habitação e do desenvolvimento Urbano. **Sergipe em dados**, 109 p.: Sergipe, 2010.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R. e ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, v. 38, n. 1: p. 185-206, 2007.

SOARES, M.L.G. **Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil – análise de modelos**. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 1997.

SOARES, M. L. G. e SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Above-ground biomass of mangrove species. I. Analysis of models. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 65: p. 1-18, 2005.

SOCHER, L. C.; RODERJAN, C. V. e GALVÃO, F. Biomassa aérea de uma floresta ombrófila mista aluvial no município de Araucária (PR). **Floresta**, n 38, n 2: p. 245-252, 2008.

TAMAI, S.; NAKASUGA, T.; TASUCHI, R. e OGINO, K. Standing biomass of mangrove forests in Southern Thailand. **Journal of the Physical Society Japan** 68(9): p. 384-388, 1986.

TAMOOH, F.; KAIRO, J. G.; HUXHAM, M.; KIRUI, B.; MENCUCCINI, M. e KARACHI, M. Biomass accumulation in a rehabilitated mangrove forest at Gazi Bay. **African Studies Collection**, v. 20: p. 131-146, 2009.

THOMAS, C.; ANDRADE, C. M.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C. A. J. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p.319-327, 2006.

TWILLEY, R.R.; CHEN, R.H.; HARGIS, T. Carbon sinks in mangroves and their implications to carbon budget of tropical coastal ecosystems. **Water, Air e Soil Pollution** **64** (1-2): pp. 265-288, 1992.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. Prentice Hall, Upper Saddle river, NJ, 662p., 2010.

CAPÍTULO 3

Teor de carbono orgânico na biomassa aérea da espécie *Rhizophora mangle* L.

RESUMO

SANTOS, Heide V. S. **Teor de carbono orgânico na biomassa aérea da espécie *Rhizophora mangle* L.** Sergipe: UFS, 97p. (Dissertação – Programa de mestrado em Agroecossistemas).

O manguezal é um ecossistema predominantemente tropical, altamente produtivo e globalmente ameaçado, que vem despertando interesse pelo papel no processo de fixação de carbono absorvido da atmosfera em forma de biomassa vegetal. Essas informações são importantes para estudos de desenvolvimento, manutenção e conservação do ecossistema manguezal. Este trabalho teve como objetivo determinar o particionamento de carbono orgânico nos compartimentos aéreos da espécie *Rhizophora mangle* L., coletados no manguezal do estuário do rio São Francisco. Para determinação dos teores de carbono foi utilizado o método de Walkley-Black com calor externo, que consiste na determinação do C orgânico por oxidação pelo Dicromato de Potássio em meio ácido, com titulação do Dicromato em excesso, sendo as análises conduzidas em diferentes compartimentos da biomassa seca de 20 árvores coletadas por meio do método destrutivo direto, totalizando 130 amostras. Foram observados valores expressivos de C orgânico na biomassa aérea da *R. mangle* (13,11 ton C ha⁻¹), com os compartimentos lenhosos da planta apresentando o maior percentual de carbono armazenado, com destaque para o compartimento tronco. Os menores valores de C foram registrados nas partes verdes da planta. O padrão de concentração de carbono orgânico entre os compartimentos foi mais representativo entre os compartimentos lenhosos da planta seguindo tendência similar a outras espécies, mesmo em condições ambientais diferentes.

Palavras-chave: Manguezal, Sequestro de carbono, Estuário

Comitê Orientador: Francisco Sandro Rodrigues Holanda - UFS (Orientador), Ana Paula Albano Araújo – UFBA e Myrna Friederichs Landim de Souza – UFS

Organic carbon content in aboveground biomass *Rhizophora mangle* L.

ABSTRACT

SANTOS, Heide V. S. **Organic carbon content in aboveground biomass *Rhizophora mangle* L. Sergipe**: UFS, 97 p. (Dissertation - Master Program in Agroecosystems).

The mangrove ecosystem is mainly tropical, highly productive and globally threatened, which attracts interest in the fixation of carbon absorbed from the atmosphere as plant biomass. This information is important for studies of development, maintenance and conservation of mangrove ecosystems. The objective of this study was to determine the partitioning of organic carbon in the aerial compartments of the species *Rhizophora mangle* L., collected in the mangrove estuary of the São Francisco river. The method Walkley-Black was used to determine the carbon content with external heat, which consists in determining the C content by oxidation with potassium dichromate in an acidic medium, with titration of excess dichromate. The analysis was conducted in different compartments of dry biomass of 20 trees collected through the direct destructive method, totaling 130 samples. We observed consistent values of organic carbon in the biomass of *R. mangle* (13.11 ton C ha⁻¹), and the compartments of woody plant showed the highest percentage of carbon stored, especially the trunk compartment. The lower values of C were recorded in the green parts of the plant. The pattern of organic carbon concentration among compartments was the most representative woody plant compartments following a similar trend to other species, even in different environmental conditions.

Key-words: Mangrove, Carbon sequestration, Eestuary

Guidance Committee: Francisco Sandro Rodrigues Holanda - UFS (Advisor), Ana Paula Albano Araújo – UFBA e Myrna Friederichs Landim de Souza – UFS

1. INTRODUÇÃO

O manguezal é um ecossistema característico de regiões tropicais e subtropicais, crescendo nas zonas costeiras abrigadas às margens de cursos d'água, constituindo áreas lamosas, sob influência marinha constante. São écotonos verdadeiros com elementos dos ecossistemas marinho e terrestre, mas com características ecológicas próprias. As áreas mais extensas de manguezal ocorrem em costas sedimentares, onde há descarga de grandes rios (BOUILLON et al., 2003; HOQUE et al., 2011).

As florestas de mangue dominam aproximadamente 75% das zonas costeiras (GIRI et al., 2011), sendo adaptadas às flutuações de salinidade e pouco oxigênio em seu substrato devido à elevada concentração de matéria orgânica (KRISTENSEN, 2007). Esse ecossistema é reconhecido como berçário natural para várias espécies marinhas, que visitam o mangue em pelo menos uma fase de seu ciclo de vida (GIARRIZZO et al., 2011). Além disso, fornecem ainda rica alimentação para a população ribeirinha, uma vez que sua vegetação enriquece e mantém a produtividade das águas costeiras próximas.

Os manguezais desde tempos remotos vêm sucumbindo aos processos de degradação e desmatamento, principalmente devido à ocupação de suas terras com tanques de aquicultura e à pressão imobiliária decorrente do crescimento da população mundial em direção às zonas costeiras (DUKE et al., 2007). Donato et al. (2011) estimam que nos últimos 50 anos, um declínio de 30 a 50% na área de mangue pode indicar um desaparecimento funcional do ecossistema nos próximos 100 anos.

A diminuição das áreas de manguezal, atribuídas ao desmatamento ou conversão das terras para outros fins, não apenas pode reduzir a fixação do CO₂ atmosférico pela floresta como também aumentar a liberação do carbono que foi armazenado no estrato arbóreo e no sedimento, uma vez que, a decomposição da madeira e o solo exposto remetem à atmosfera gases compostos de carbono (DUKE et al., 2007; DONATO et al., 2011). Segundo Alongi (2002) e Duke et al. (2007) os impactos desta redução podem ser sentidos em nível local antes mesmo dos impactos das mudanças no clima.

Com a elevação da temperatura e do nível de CO₂ atmosférico decorrente da queima de combustíveis fósseis, as florestas passaram a receber destaque como freios naturais das alterações climáticas. Entretanto, este atributo funcional de armazenamento de carbono e suas implicações e vulnerabilidades frente às mudanças climáticas globais, ainda é pouco quantificado (KAUFFMAN et al., 2011).

As florestas são componentes importantes do ciclo de carbono terrestre, e armazenam grandes quantidades de carbono na vegetação, nos detritos e no solo (HOQUE et al, 2010). Brown (1996) relatou que um hectare de floresta tropical em crescimento ativo pode sequestrar aproximadamente 2-5 ton de carbono por ano e que os valores de incremento de C na biomassa vegetal tendem a ser maiores em florestas jovens se comparados às florestas maduras. Estimar o armazenamento de C em ecossistemas florestais é uma informação fundamental para a compreensão do balanço entre a absorção e a emissão deste elemento pelos ecossistemas (WANG e ZONGWEI, 1995). Embora a área coberta por florestas de mangue represente apenas uma pequena fração da floresta tropical, sua posição na interface oceano-terra e a troca potencial de nutrientes com águas costeiras sugere que essas florestas promovem uma contribuição única para a biogeoquímica de carbono na costa oceânica (TWILLEY et al., 1992).

No ecossistema de mangue, o estoque total de carbono é determinado pelo equilíbrio entre o fluxo de ganho de carbono na produtividade primária líquida, a perda de carbono pela decomposição da biomassa morta e pela respiração heterotrófica (ALONGI, 2008; KRISTESSEN et al., 2008). Estimativas realistas do estoque de carbono são cruciais por duas razões. Primeiro, elas indicam o potencial da vegetação em liberar e armazenar carbono, e segundo os dados do estoque de carbono na vegetação podem ser usados na modelagem do fluxo líquido global de C (GOODALE et al., 2002). Este trabalho tem como objetivo determinar o particionamento do carbono orgânico nos componentes aéreos da espécie *Rhizophora mangle* L., coletados no manguezal do estuário do rio São Francisco (SE- Brasil).

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização da área de estudo

O trabalho foi conduzido na região estuarina no baixo curso do rio São Francisco, que compreende uma área total de 11.138 ha, entre os municípios de Pacatuba e Brejo Grande (UTM 775.963,55 E; 8.840.754,56 N) localizados ao leste do estado de Sergipe, Nordeste do Brasil, distando cerca de 70,4 km de Aracaju, capital do Estado (Figura 1). No estuário do rio São Francisco é identificada uma área de aproximadamente 3.531,16 ha (35,31 Km²) coberta por florestas de manguezais (JESUS, 2010).

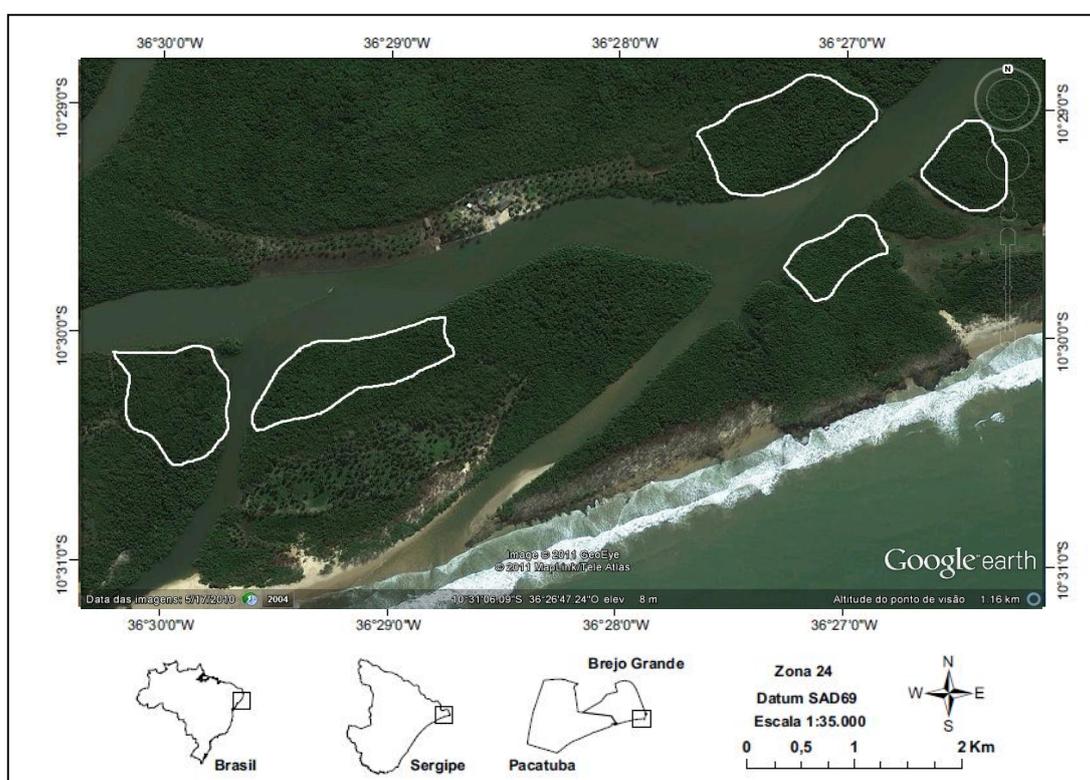


FIGURA 1 – Fotografia aérea de uma porção do estuário do rio São Francisco, com ênfase nas áreas de estudo, Sergipe – Brasil, 2011

A área estudada é cortada por uma rede de canais, sendo predominante a vegetação de mangue que, segundo Menezes (2010), é caracterizada por apresentar um baixo desenvolvimento estrutural, com floresta constituída pelas espécies *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*.

O clima da região é classificado como tropical megatérmico seco a sub-úmido, com temperatura média anual de 25,7°C e amplitude inferior a 4°C entre as médias. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.201,7mm, com período chuvoso entre os meses de março a agosto (SEPLAN, 2010; MEDEIROS e SAMPAIO, 2008). No estuário do rio São Francisco é identificado uma peculiar distribuição sazonal das chuvas, assim como uma significativa oscilação das vazões horárias devido ao fluxo e refluxo das marés (OLIVEIRA, 2003), sendo a área sujeita a um regime de mesomarés, com marés semidiurnas (duas baixa-mares e duas prea-mares).

2.2. Coleta e Processamento das amostras

Foram utilizadas amostras de 20 árvores da espécie *Rhizophora mangle* L., coletadas no estuário do rio São Francisco com uso do método destrutivo direto, adaptado de Schaeffer-Novelli e Cítron (1986); Soares (1997); Soares e Schaeffer-Novelli (2005); Burguer e Delitti (2010) e Sampaio et al. (2010). A coleta das árvores seguiu a distribuição em classes diamétricas apresentadas no Quadro 1. O número de coletas maior nas menores classes justifica-se pela quantidade limitada de material disponível em árvores das menores diâmetros.

QUADRO 1 – Amplitude das classes diamétricas utilizadas para a espécie *R. mangle* no manguezal do estuário do rio São Francisco, 2010-2011

<i>Classe Diamétrica</i>	<i>No. de Árvores</i>
00 – 10	9
10 – 20	5
20 – 30	3
30 – 40	3

Após a obtenção das medidas estruturais, as árvores foram derrubadas, utilizando-se uma motosserra e/ou facão, procurando-se evitar a perda de ramos e folhas e também que os mesmos entrassem em contato direto com o solo, e assim aumentasse o teor de umidade. Para medida da biomassa fresca, cada árvore foi separada manualmente nos seguintes compartimentos: folhas (incluindo brotos e estípulas); partes reprodutivas (flores, frutos e propágulos); ramos (galhos menores que 2,5 cm de diâmetro); galhos (galhos maiores ou iguais a 2,5 cm de diâmetro); galho principal (originado da bifurcação do tronco e de maior comprimento); tronco e raízes aéreas

(SOARES e SCHAEFFER-NOVELLI, 2005; SOCHER et. al. 2008; BURGER e DELITTI, 2010; FATEMI et. al., 2011). Em seguida cada compartimento foi pesado com auxílio de balanças do tipo dinamômetro com capacidade para 20 kg e precisão de 500 g.

Posteriormente, as amostras foram levadas para determinação de seus pesos secos em laboratório. A secagem foi realizada em estufa de circulação forçada por um período de 15 dias a uma temperatura de 70°C (SOARES, 1997; SOARES e SCHAEFFER-NOVELLI, 2005; KIRUI et al., 2006). A biomassa dos compartimentos bem como a biomassa aérea total das árvores foi estimada através de equações de regressão lineares ajustadas para a espécie (TABELA 01).

TABELA 01 – Equações de regressão utilizadas para estimativa de biomassa aérea total e por compartimento da *R. mangle* L., estuário do rio São Francisco, SE

EQUAÇÃO	BIOMASSA	R ² a
$\text{Ln}(\text{biomassa}) = a + b \text{Ln}(\text{DAP}^2 \times \text{H})$	Tronco	0,98
$\text{Ln}(\text{biomassa}) = a + b \text{Ln}(\text{DAP}^2 + \text{H} + \text{DAP}^2 \times \text{H})$	Galho principal	0,85
$\text{Ln}(\text{biomassa}) = a + b \text{Ln}(\text{DAP})$	Galhos	0,92
$\text{Ln}(\text{biomassa}) = a + b \text{Ln}(\text{Área basal}^2 \times \text{H})$	Ramos	0,95
$\text{Ln}(\text{biomassa}) = a + b \text{Ln}(\text{Área basal}^2 \times \text{H})$	Folhas	0,94
$\text{Ln}(\text{biomassa}) = a + b \text{Ln}(\text{DAP})$	Partes reprodutivas	0,43
$\text{Ln}(\text{biomassa}) = a + b \text{Ln}(\text{DAP}^2 \times \text{H})$	Raízes	0,96
$\text{Ln}(\text{biomassa}) = a + b \text{Ln}(\text{Área basal}^2 \times \text{H})$	Total	0,99

As amostras dos compartimentos após secas foram então trituradas individualmente em moinho de facas e o material moído acondicionado em recipientes plásticos para posterior determinação dos teores de C orgânico.

Das 20 árvores de *R. mangle* coletadas foram contabilizadas um total de 130 amostras distribuídas com pequena variação nos seguintes compartimentos:

- a) Tronco: 20 amostras;
- b) Galho principal: 16 amostras;
- c) Galhos: 19 amostras;
- d) Ramos: 20 amostras;
- e) Folhas: 20 amostras;
- f) Partes reprodutivas: 15 amostras;
- g) Raízes: 20 amostras.

Para determinação do teor de carbono orgânico na planta foi utilizado o método modificado de Walkley-Black com calor externo descrito adaptado por Tedesco et al. (1995). Este método consiste na determinação do C orgânico por oxidação pelo Dicromato de Potássio em meio ácido, com titulação do Dicromato em excesso. De cada amostra foram pesadas alíquotas de 100 mg de material seco em balança de precisão (0,0001 g) as quais foram transferidas para os tubos do determinador de fibra TE-146-5/50 - TECNAL. Em cada tubo foram depositados 20 mL de solução de 1,25 N de Dicromato de Potássio ($K_2Cr_2O_7$) e 20 mL de Ácido Sulfúrico concentrado (H_2SO_4) com auxílio de pipeta. A solução foi então agitada manualmente e acoplada ao tubo do condensador com água de refrigeração circulando, onde permaneceram em aquecimento controlado a $150^\circ C$, por um período de 30 minutos. Posteriormente, o material já frio foi transferido para balão volumétrico com capacidade 250 mL, tendo o cuidado de lavar o tubo do condensador com água destilada para não deixar resquício de material. O volume do balão foi completado com água destilada até a marcação do menisco. Homogeneizada a mistura, uma alíquota de 40 mL da solução foi transferida para erlenmeyer de 250 mL, onde posteriormente foi adicionado 40 mL de água destilada e 03 gotas do indicador Ferroim. A titulação foi realizada com solução de sulfato ferroso amoniacal a 0,1 N até a mudança na coloração de verde escuro para vinho. A prova do branco seguiu o mesmo procedimento sem a presença de amostra de material orgânico.

2.3. Tratamento dos dados

A percentagem de carbono orgânico foi calculada utilizando o volume de sulfato ferroso amoniacal, consumido na titulação da amostra e na prova do branco, através da seguinte fórmula:

$$\text{Percentagem de carbono (\%C)} = \frac{(V_b - V_a) \times N_1 \times 6,25 \times 300}{m} \quad (1)$$

onde:

V_b = volume do Sulfato Ferroso Amoniacal aproximadamente 0,1 N gasto na titulação do branco;

V_a = volume de Sulfato Ferroso Amoniacal aproximadamente 0,1 N gasto na titulação da amostra de carbono orgânico;

N_1 = normalidade exata do sulfato ferroso amoniacal;

m = massa da amostra = 100 mg.

Os estoques de carbono nos componentes aéreos da planta foram calculados multiplicando-se a biomassa de cada componente pelo seu conteúdo de C (KAONGA e SMITH, 2010) e para análise dos dados foi utilizada estatística descritiva simples, aplicada de forma comparativa (CHAVES e FARIAS, 2008; SOUSA, 2010; CERÓN-BRETON, 2011), contabilizando o teor de carbono e sua variabilidade nos diferentes compartimentos da planta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados de biomassa de cada compartimento amostrado da árvore, obtidos por meio das equações de regressão, pode-se estimar as quantidades de carbono, multiplicando as estimativas de biomassa pelos teores de carbono resultante das análises químicas realizadas. Foi observado que o teor de carbono orgânico é relativamente maior nos compartimentos lenhosos da planta, o que está de acordo com a maior concentração de biomassa nestas estruturas já observada para a espécie *R. mangle*. O percentual médio de carbono nas amostras variou na seguinte ordem Tronco, Galho principal, Galhos, Raízes, Ramos, Partes reprodutivas e Folhas, diferente dos achados de Sampaio et al. (2007) que analisando as estimativas das quantidades médias gerais de carbono presente nas diferentes partes das árvores encontrou maior contribuição no percentual de carbono para o compartimento galhos (média de 36,18%). Soares e Oliveira (2002) acharam concentrações de C em geral maiores no tronco seguido de galhos (Figura 2).

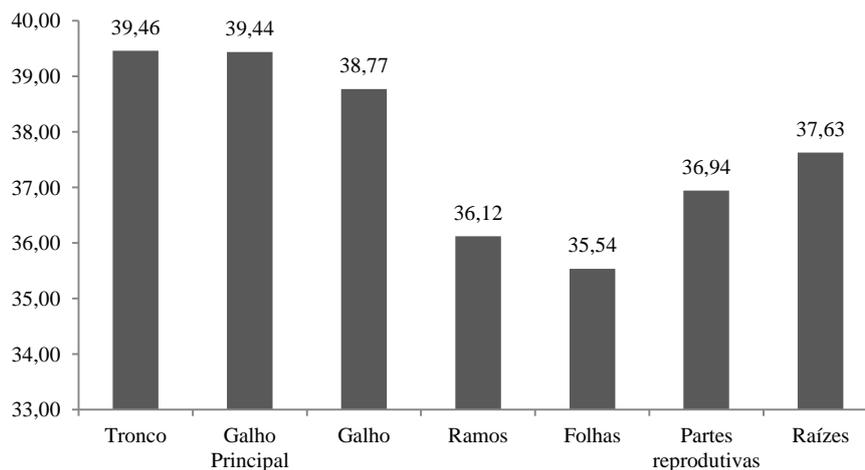


FIGURA 2 – Percentual médio de carbono orgânico nos diferentes compartimentos das árvores de *R. mangle* coletadas no estuário do rio São Francisco (2010-2011)

Entre as estruturas lenhosas o tronco foi o mais representativo em armazenamento de carbono, o que em um contexto estrutural pode ser considerado como o principal reservatório da planta (KUZZYAKOV e DOMANSKI, 2000). Observou-se também que as raízes apresentaram uma contribuição importante para o estoque de carbono possivelmente devido às raízes escora emitidas a partir do tronco e de galhos apresentarem textura mais lenhosa, característica da espécie.

Os valores semelhantes dos compartimentos tronco e galho principal podem ser explicados por ser o galho principal uma extensão do tronco quando este estabiliza o seu crescimento (Figura 2). Concentrações médias de carbono orgânico podem variar consideravelmente entre os compartimentos da planta, sendo que essas variações podem estar relacionadas às influências ambientais e agentes estressores. Similarmente Mitra et al. (2011), observou que o tronco das árvores no manguezal de Sudarbans na Índia apresentou a maior média de estoque de carbono dentre os compartimentos da planta, diferente de Ray et al. (2010), que estudou o mesmo manguezal e encontrou um acúmulo maior de carbono nas raízes.

A média de C orgânico apresentado pelos componentes aéreos arbóreos das árvores estudadas foi equivalente a 5,65 kg C por planta, valor obtido através da multiplicação da biomassa aérea total pelo valor default de “0,5” sugerido pelo IPCC (2007). Utilizando-se a média percentual de carbono obtidos com as análises químicas (0,38) estimou-se um carbono orgânico de 4,26 kg C por planta. A diferença encontrada pode ser atribuída à variação nas concentrações de carbono encontradas na análise química, entre as amostras dos diferentes compartimentos, já que o fator de conversão

sugerido pelo IPCC foi aplicado a todos os compartimentos da planta, considerando-os como apresentando uma média percentual de carbono similar para todas as estruturas (Figura 3).

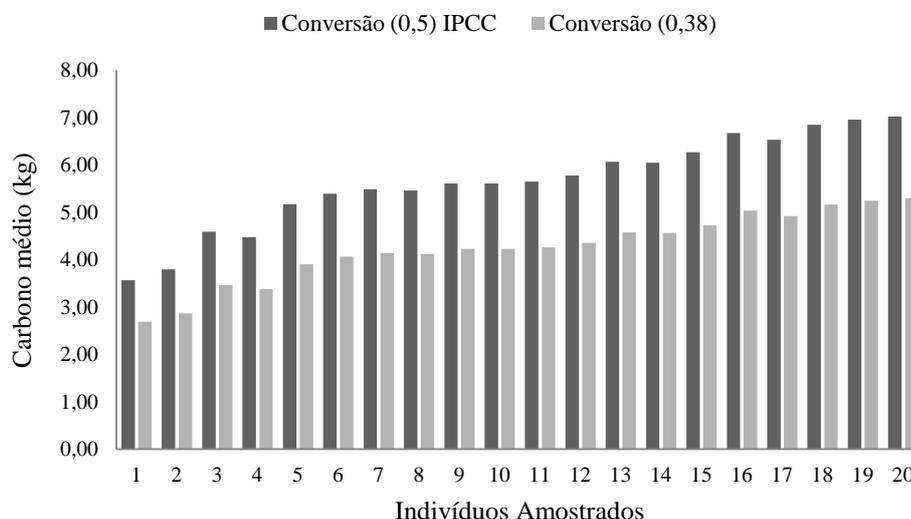


FIGURA 3 – Comparação entre os estoques médios de carbono orgânico nas árvores coletadas utilizando um fator de conversão (IPCC) e o percentual médio obtido nas análises

Verificou-se ainda que com o aumento do tamanho das árvores o compartimento raiz apresentou também um aumento no acúmulo de carbono, provavelmente associado ao aumento da biomassa de raízes (Figura 4). O aumento nos valores de carbono armazenado em indivíduos de maior porte pode sugerir que florestas de mangue maduras podem ainda ser consideradas como boas armazenadoras de carbono, gerando uma produção líquida de carbono ainda muito expressiva, provavelmente decorrente do balanço positivo entre as entradas de carbono através da fotossíntese e saídas pela respiração do ecossistema (ALONGI, 2011).

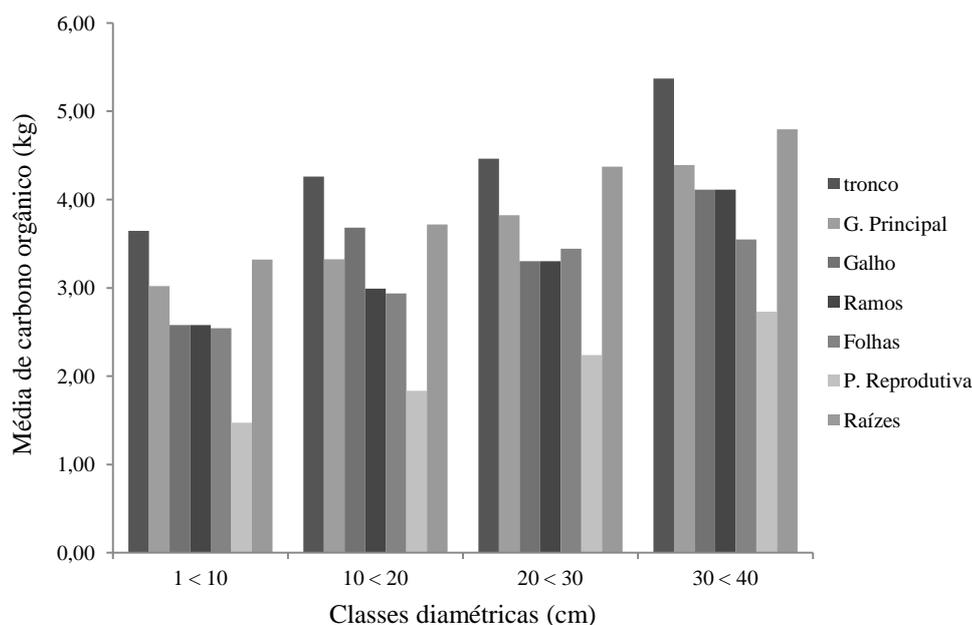


FIGURA 4 – Quantidade média de carbono orgânico acumulado nos compartimentos da *R. mangle* L. no estuário do rio São Francisco

Considerando o levantamento fitossociológico e a geração de modelos alométricos para estimativa de biomassa da *R. mangle* no estuário apresentadas no capítulo 2, é possível afirmar que a biomassa total estimada para os indivíduos desta espécie no estuário é de 27,98 ton.ha⁻¹ (massa seca), o que corresponderia a um carbono orgânico armazenado de aproximadamente 13,99 ton C ha⁻¹. Dados do levantamento da área ocupada por manguezal no estuário do Rio São Francisco comparando imagens de 1987 e 2006 apresentados por Jesus (2010), mostram uma redução de aproximadamente 1915,82 ha na área de mangue no estuário, gerando uma estimativa de 1,31 ton C ha⁻¹ ou 2509,72 ton C em 19 anos, que pode ter retornado à atmosfera com a perda da vegetação. Para Gattuso et al. (1998) estas perdas não apenas diminuem a fixação de CO₂ atmosférico e sedimentação do carbono, mas também resultam na oxidação e na liberação para atmosfera do C orgânico armazenado no sedimento.

É importante destacar que os dados apresentados dizem respeito à apenas uma pequena fração de todo carbono armazenado no ecossistema, já que, de forma criteriosa as estimativas devem levar em conta ainda o carbono das raízes subterrâneas e o armazenado no solo, pela deposição de sedimentos e decomposição da matéria orgânica. Considerando-se os manguezais do Indo-Pacífico, por exemplo, Donato et al. (2011)

estimaram uma média de 159 ton C ha⁻¹ na biomassa aérea, podendo atingir valores próximos a 453 ton C ha⁻¹, e no solos dos estuários cerca de 1074 ton C ha⁻¹.

Os estoques de carbono no manguezal do estuário do rio São Francisco variam em função das condições ambientais que influenciam as taxas fotossintéticas e a respiração. Mesmo com valores expressivos, observou-se uma grande dificuldade em fazer comparações com a mesma espécie em outras áreas de manguezal devido à escassez de dados. Isto deve-se ao fato de que a maioria dos estudos sobre carbono em manguezais se limitam a analisar o carbono presente no solo, com pouca correlação com a biomassa vegetal, ou ainda, porque adotaram espécies diferentes da utilizada nesta pesquisa. Assim nossos resultados ressaltam a grande importância do manguezal do estuário do rio São Francisco no armazenamento de carbono na região costeira de Sergipe.

4. CONCLUSÕES

O principal reservatório de carbono orgânico na *R. mangle* foi o compartimento tronco, visto que, apresentou a maior percentual médio de concentração do elemento entre todos os compartimentos.

Verificou-se que o estoque de carbono na espécie *R. mangle* possui relação direta com o tamanho e muito provavelmente com a idade da árvore, verificado pelo aumento do percentual de carbono com o aumento do DAP.

O aumento do percentual de carbono orgânico no compartimento raízes com o aumento do tamanho das árvores pode ser creditado ao aumento da biomassa desse compartimento.

O galho principal apresentou valores similares de concentração de carbono em comparação com o tronco, entretanto em termos quantitativos ficou abaixo das raízes nos indivíduos de maior DAP.

5. RECOMENDAÇÕES

Estudos detalhados sobre o acúmulo de carbono (na forma biomassa vegetal) são imprescindíveis para possíveis projetos de conservação e reflorestamento do manguezal, que visem uma possível contribuição nas mitigações das mudanças climáticas através do sequestro de carbono nesses ecossistemas.

Embora o estudo mostre valores consistentes consideráveis de acúmulo de carbono pela espécie *R. mangle*, acrescenta-se ainda que existe a necessidade de aferição com maior precisão sobre o acúmulo de carbono pelo ecossistema de manguezal no estuário do rio São Francisco e o quanto de carbono é emitido para atmosfera com o desflorestamento.

De forma comparativa, outras metodologias para quantificação de carbono na biomassa da espécie *R. mangle* devem ser aplicadas, com o objetivo de definir qual o melhor método a ser aplicado e se há diferença significativa entre os teores de carbono obtidos pelo método de Walkley-Black.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONGI, D. M. Present state and future of the world's mangrove forests. **Environmental Conservation** 29 (3): p. 331–349, 2002.

ALONGI, D.M. Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 76, p.: 1–13, 2008.

ALONGI, D. M. Carbon payments for mangrove conservation: ecosystem constraints and uncertainties of sequestration potential. **Environmental Science & Policy** 14: p. 462-470, 2011.

BOUILLON, S.; DAHDOUH-GUEBAS, K.; RAO, A. V. V. S.; KOEDAM, N. e DEHAIRS, F. Sources of organic carbon in mangrove sediments: variability and possible ecological implications. **Hydrobiologia** 495: p. 33-39, 2003.

BROWN S, X. Present and potential roles of forests in global change debate. **Unasylva**, 47: p. 3–10, 1996.

BURGUER, D. M. e DELITTI, W. B. C. Modelos preditores da fitomassa aérea da floresta baixa de Restinga. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1, p. 143-153, 2010.

CERÓN-BRETÓN, J. G.; CERÓN-BRETÓN, R. M.; RANGEL-MARRÓN, M.; MURIEL-GARCÍA, M.; CORDOVA-QUIROZ, A. V. e ESTRELLA-CAHIICH, A. Determination of carbon sequestration rate in soil of a mangrove Forest in Campeche, Mexico. **International Journal of Energy and Environment** 3, v. 5: p. 328-336, 2011.

CHAVES, L. H. G. e FARIAS, C. H. de A. Variabilidade espacial do estoque de carbono nos Tabuleiros Costeiros da Paraíba: Solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista de Ciências agrárias**. v. 3, n. 1: p. 20-25, 2008.

DUKE, N. C.; MEYNECKE, J. O.; DITTMANN, S.; ELLISON, A. M.; ANGER, K.; BERGER, U.; CANNICCI, S.; DIELE, K.; EWEL, K. C.; FIELD, C. D.; KOEDAM, N.; LEE, S. Y.; MARCHAND, C.; NORDHAUS, I.; DAHDOUH-GUEBAS, F. A world without mangroves?. **Science** 317: p. 41-42, 2007.

DONATO, D. C.; KAUFFMAN, J. B.; MURDIYARDSO, D.; KURNIANTO, S.; STIDHAM, M.; e KANNINEM, M. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. **Nature Geoscience**, p. 1-5, 2011.

FATEMI, F. R.; YANAI, R. D.; HAMBURG, S. P.; VADEBONCOEUR, M. A.; ARTHUR, M. A.; BRIGGS, R. D. e LEVINE, C. P. Allometric equations four young

northern hardwoods: the importance of age-specific equations for estimating aboveground biomass. **Canadian Journal of Forest Research** 41: p. 881-891, 2011.

GATTUSO, J. P.; FRANKIGNOULLE, M. e WOLLAST, R. Carbon and carbonate metabolism in coastal aquatic ecosystems. **Annual review of Ecology, Evolution, and Systematics** 29: p. 405-434, 1998.

GIARRIZZO, T.; SCHAWBORN, R. e SAINT-PAUL, V. Utilization of carbon sources in a northern Brazilian mangrove ecosystem. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, p. 1-11, 2011.

GIRI, C.; OCHIENG, E.; TIESZEN, L. L.; ZHU, Z.; SINGH, A.; LOVELAND, T.; MASEK, J. e DUKE, N. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography** 20: p. 154-159, 2011.

GOODALE, C. N.; APPS, M. J.; BIRDSEY, R. A.; FIELD, C. B.; HEATH, L. S.; HOUGHTON, R. A.; JENKINS, J. C.; KOHLMAIER, G. H.; KURZ, W.; LIU, S.; NABUURS, G.; NILSSON, S.; e SHUIDENKO, A. Z. Forest carbon sinks in the northern hemisphere. **Ecological Applications**, 12 (3): p. 891-899, 2002.

HOQUE, A.T.M. R.; SHARMA, S. e HAGIHARA, A. Above and Belowground Carbon Acquisition of Mangrove *Kandelia obovata* Trees in Manko Wetland, Okinawa, Japan. **International Journal of Environment** 1, p.: 7-13, 2011.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Clean Development Mechanism, **Emission factor for the Brazilian South-Southeast-Midwest interconnected grid 2007**. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/>. Acesso em 10 de Janeiro de 2012.

JESUS, A. S. de. **Alteração da paisagem na Região estuarina do rio São Francisco no período de 1987 a 2006**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Sergipe, 2010

KAONGA, M. L. e BAYLISS-SMITH, T. P. Allometric models for estimation of aboveground carbon stocks in improved fallows in eastern Zambia. **Agroforest System** 78: p. 217-232, 2010.

KAUFFMAN, J. B.; HEIDER, C; COLE, G. T.; DWIRE, K. A.; DONATO, D. C. Ecosystem Carbon Stocks of Micronesian Mangrove Forests. **Wetlands** 31: p. 343-352, 2011.

KIRUI, B.; KAIRO, J. G. e KARACHI, M. Allometric equations for estimating above ground biomass of *Rhizophora mucronata* Lamk. (Rhizophoraceae) mangroves at Gazi Bay, Kenya. **Western Indian Ocean J. Mar. Sci.**, v 5, n. 1: p. 27-34, 2006.

KRISTENSEN, E. **Carbon balance in mangrove sediments the driving processes and their controls**. Greenhouse Gas and carbon balances in mangrove coastal ecosystems 61: p. 61-78, 2007.

KRISTENSEN, E.; BOUILLON, S.; DITTMAR, T.; MARCHAND, C. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. **Aquatic Botany** 89: p. 201–219, 2008.

KUZYAKOV, Y. e DOMANSKI, G. Carbon input by plants into the soil. Review. **Jornaul of Plant Nutrition and Soil Science** 163: p. 421-431, 2000.

MEDEIROS, T. C. C. e SAMPAIO, E. V. S. B. Allometry of aboveground biomasses in mangroves species in Itamaracá, Pernambuco, Brazil. **Wetlands Ecology Management** 16: p. 323-330, 2008.

MENEZES, L. C. S. de. **Estrutura e produção de serapilheira de floresta de mangue na região estuarina-lagunar do Baixo São Francisco Sergipano**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas. Universidade Federal de Sergipe, 2010.

MITRA, A.; SEGUPTA, K. e BANERJEE, K. Standing biomass and carbon storage of above-ground structures in dominant mangrove trees in the Sundarbans. **Forest Ecology and Management** 261: p. 1325-1335, 2011.

OLIVEIRA, A. M de. **Estudo Hidrodinâmico Sedimentológico do Baixo São Francisco, Estuário e Zona Costeira Adjacente (AL/SE)**. UFAL. Maceió: Al, 2003.

RAY, R. GANGULY, D.; CHOWDHURY, C.; DEY, M.; DAS, S. K.; DUTTA, M. K.; MANDAL, S. K.; MAJUMDER, N.; DE, T. K.; MUKHOPADHYAY, S. K. e JANA, T. K. carbon sequestration and annual increase of carbon stock in a mangrove Forest. **Atmospheric Environment**. p. 1-9, 2011.

SAMPAIO, P.S.P.; NAKASATO, M.V.; FATORI, L.F.; COELHO, J.M.S.; HERNANDEZ, L.M. **Modelos preditores de fitomassa dos ecossistemas de restinga, maguezal e campos úmidos**. Relatório do “Programa Preditores de Biomassa de Manguezais” – EMBRAPORT. Santos SP, 2007.

SAMPAIO, E.; GASSON, P.; BARACAT, A.; CUTLER, D.; PAREYN, F e LIMA, K. C. Trees biomass estimation in regerenating áreas of tropical dry vegetation in northeast Brazil. **Forest ecology and management** 259: p. 1135-1140, 2010.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. e CITRÓN, G. **Guia para estudo de áreas de manguezal: estrutura, função e flora**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1986.

SEPLAN, Secretaria de Estado do Planejamento, Habitação e do desenvolvimento Urbano. **Sergipe em dados**, 109 p.: Sergipe, 2010.

SOCHER, L. C.; RODERJAN, C. V. e GALVÃO, F. Biomassa aérea de uma floresta ombrófila mista aluvial no município de Araucária (PR). **Floresta**, n 38, n 2: p. 245-252, 2008.

SOARES, M.L.G. **Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil – análise de modelos, v 2**. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 1997.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p.: 533-539, 2002.

SOARES, M.L.G. e SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Above-ground biomass of mangrove species. I. Analysis of models. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 65: p. 1-18, 2005.

SOUSA, L. da S. **Estoque de carbono em uma jazida revegetada no Distrito federal: geração de créditos de carbono**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais. Universidade de Brasília, 2010.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J. e BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais. Boletim técnico nº 5**. Departamento de solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 2 ed., 174 p.: Porto Alegre, 1995.

TWILLEY, R.R.; CHEN, R.H.; HARGIS, T.. Carbon sinks in mangroves and their implications to carbon budget of tropical coastal ecosystems. **Water, Air e Soil Pollution** 64 (1-2): p. 265-288. 1992.

WANG, X e ZONGWEI, F. **The history of research on biomass and carbon storage of Forest ecosystems**. In: Wang Rusong (eds), Hot topics in modern ecology. Beijing: china Science and technology Press: p. 335-347, 1995.

APÊNDICE

TABELA 3 – Modelos para estimativa da biomassa aérea Total da *R. mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

	Modelo	Nº	a	b	R²a	F	SEE	
1	y = a + b (DAP)	74	-183930	32451	0,81	321,91	**	152344,22
2	y = a + b (H)	74	-237191	42298	0,39	47,22	**	276917,48
3	y = a + b (Área da copa)	74	-58208,9	12932,9	0,90	662,66	**	111552,76
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-253215	106643	0,73	199,42	**	183529,27
5	y = a + b (Área basal)	74	-23756	12187444	0,94	1105,04	**	88130,90
6	y = a + b (DAP x H)	74	-94259,6	1792,9	0,85	430,63	**	134864,70
7	y = a + b (DAP ²)	74	-23756,3	957,2	0,94	1105,04	**	88130,91
8	y = a + b (H ²)	74	-82973,2	2107,0	0,45	61,44	**	261744,71
9	y = a + b (Área da copa)	74	83528,09	113,48	0,84	386,50	**	141206,41
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-59516,9	10016,1	0,90	654,66	**	112165,77
11	y = a + b (Área basal ²)	74	66644	123062087	0,93	946,30	**	94751,50
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	-1618,14	55,49	0,96	1846,24	**	69035,68
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	16501,55	3,11	0,95	1547,60	**	75131,14
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	78459,65	0,00	0,93	907,48	**	96610,86
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	-3491,00	52,48	0,96	1830,81	**	69314,94
16	y = a + b (Área basal x H)	74	-1618,2	706560,0	0,96	1846,24	**	69035,68
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	72967	7014579	0,93	979,72	**	93234,19
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	5,534244	2,404770	0,99	5039,40	**	0,28
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	3,969021	3,066720	0,89	572,33	**	0,79
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	7,834043	1,292974	0,83	351,21	**	0,98
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	4,619527	1,401070	0,98	3568,95	**	0,33
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	7,534838	2,575277	0,85	430,66	**	0,90
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	4,919338	0,891087	0,99	6332,75	**	0,25
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	14,86763	0,51320	0,99	7313,43	**	0,23
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	4,222382	0,970281	0,99	6968,71	**	0,24

Modelo y = a + b(x); N° = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 4 – Modelos para estimativa da biomassa aérea do Tronco da *R. mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

	Modelo	Nº	a	b	R²a	F	SEE	
1	y = a + b (DAP)	74	-52667,1	10875,3	0,79	267,68	**	55989,35
2	y = a + b (H)	74	-81113,2	15185,1	0,43	56,18	**	91145,64
3	y = a + b (Área da copa)	74	-8927,07	4255,80	0,84	374,08	**	48857,79
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-75730,5	35703,4	0,70	173,78	**	65821,29
5	y = a + b (Área basal)	74	3984	3927325	0,83	369,73	**	49097,35
6	y = a + b (DAP x H)	74	-22174,5	598,2	0,82	325,68	**	51745,33
7	y = a + b (DAP ²)	74	3983,592	308,452	0,83	369,73	**	49097,34
8	y = a + b (H ²)	74	-25086,3	751,6	0,50	72,88	**	85731,42
9	y = a + b (Área da copa)	74	37644,58	37,41	0,78	265,08	**	56204,20
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-9235,00	3291,37	0,83	365,02	**	49361,34
11	y = a + b (Área basal ²)	74	34925	38065808	0,76	232,30	**	59154,30
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	11335,94	17,82	0,85	416,15	**	46704,96
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	17047,42	1,00	0,85	406,03	**	47196,77
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	38375,47	0,00	0,77	239,63	**	58455,01
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	10718,53	16,86	0,85	416,58	**	46684,27
16	y = a + b (Área basal x H)	74	11335,9	226943,6	0,85	416,15	**	46704,97
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	36828	2172559	0,76	237,29	**	58674,97
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,775321	2,359246	0,97	2418,645	**	0,398
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	3,189144	3,032095	0,89	574,2080	**	0,7822
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	7,037820	1,265571	0,81	314,3272	**	1,0117
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,859036	1,378978	0,97	2474,311	**	0,394
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	6,749437	2,516921	0,84	371,0165	**	0,9447
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	4,160747	0,875996	0,98	3179,580	**	0,349
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	13,93693	0,50407	0,98	3148,794	**	0,350
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,478939	0,953338	0,98	3173,480	**	0,349

Modelo y = a + b(x); N° = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 5 – Modelos para estimativa da biomassa aérea do Galho principal da R. *mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

Modelo	Nº	a	b	R ² a	F	SEE		
1	y = a + b (DAP)	60	-19886,0796	2688,69225	0,65	111,2551	**	19336,281
2	y = a + b (H)	60	-25994,8016	3706,10703	0,28	23,76126	**	27820,8276
3	y = a + b (Área da copa)	60	-6584,9299	1011,74174	0,72	150,7397	**	17411,7063
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	60	-25741,4277	9001,97824	0,59	87,61583	**	20846,8069
5	y = a + b (Área basal)	60	-4751,44793	982456,937	0,80	232,0785	**	14770,1897
6	y = a + b (DAP x H)	60	-11726,3726	146,592546	0,70	135,9496	**	18063,3954
7	y = a + b (DAP ²)	60	-4751,43223	77,1621458	0,80	232,0783	**	14770,1955
8	y = a + b (H ²)	60	-9623,53471	169,30633	0,32	29,08231	**	26957,4543
9	y = a + b (Área da copa)	60	6451,19833	8,58380958	0,67	120,6002	**	18823,6082
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	60	-6771,15333	787,06986	0,72	154,054	**	17275,1018
11	y = a + b (Área basal ²)	60	3607,34846	10145065	0,87	410,9129	**	11617,1009
12	y = a + b (DAP ² x H)	60	-2773,27374	4,48339382	0,83	295,1482	**	13386,4487
13	y = a + b (DAP x H) ²	60	-1016,82101	0,2511544	0,83	297,1921	**	13347,8762
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	60	4838,63804	0,0020006	0,87	402,0157	**	11728,9063
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	60	-2945,50971	4,23994945	0,83	292,8264	**	13430,6706
16	y = a + b (Área basal x H)	60	-2773,28315	57084,2195	0,83	295,1484	**	13386,4446
17	y = a + b (Área basal ² x H)	60	4248,1891	578098,529	0,88	429,5053	**	11393,4216
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	60	3,12722253	2,20869039	0,85	326,9456	**	0,784708
19	Ln y = a + b Ln(H)	60	1,85214676	2,76854322	0,72	153,8446	**	1,05778896
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	60	5,48605363	1,15698363	0,77	195,7365	**	0,96653202
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	60	2,22419712	1,30033256	0,84	307,0527	**	0,80580498
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	60	5,14405014	2,33756326	0,77	196,6886	**	0,96472387
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	60	2,50431668	0,82619655	0,85	334,2361	**	0,77738106
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	60	11,7182818	0,47445788	0,85	339,9329	**	0,7717965
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	60	1,91439578	0,89153586	0,85	342,947	**	0,76889014

Modelo y = a + b(x); N^o = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 6 – Modelos para estimativa da biomassa aérea de Galhos da R. *mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

Modelo	Nº	a	b	R ² a	F	SEE		
1	y = a + b (DAP)	64	-86061,682	10856,6464	0,76	195,5478	**	59176,5841
2	y = a + b (H)	64	-116494,06	15194,4537	0,30	28,59715	**	99774,9661
3	y = a + b (Área da copa)	64	-35135,687	4142,18567	0,85	356,9865	**	46395,8182
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	64	-123584,51	38199,6053	0,71	155,2285	**	64434,8009
5	y = a + b (Área basal)	64	-21969,14	3868421,9	0,89	509,901	**	39711,6961
6	y = a + b (DAP x H)	64	-48423,3	573,222794	0,77	212,7485	**	57294,2688
7	y = a + b (DAP ²)	64	-21969,09	303,825797	0,89	509,9007	**	39711,7042
8	y = a + b (H ²)	64	-38758,328	640,710823	0,33	32,01067	**	97946,8048
9	y = a + b (Área da copa)	64	18122,9964	35,3555022	0,81	265,3516	**	52489,403
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	64	-35966,238	3214,63924	0,85	356,0384	**	46448,3996
11	y = a + b (Área basal ²)	64	11060,4301	39081655,8	0,92	760,8846	**	33106,2041
12	y = a + b (DAP ² x H)	64	-13384,287	17,4847311	0,91	654,5499	**	35477,7133
13	y = a + b (DAP x H) ²	64	-6305,614	0,97389072	0,90	574,1219	**	37653,7887
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	64	15505,1134	0,00077126	0,92	730,0289	**	33744,9153
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	64	-14091,922	16,5431341	0,91	652,0518	**	35539,7186
16	y = a + b (Área basal x H)	64	-13384,317	222622,017	0,91	654,5501	**	35477,708
17	y = a + b (Área basal ² x H)	64	13417,6659	2226049,42	0,93	797,2054	**	32398,9054
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	64	3,15735081	2,63814949	0,92	746,0843	**	0,54684465
19	Ln y = a + b Ln(H)	64	0,59701025	3,70371718	0,67	128,5136	**	1,12623589
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	64	5,53545805	1,49244843	0,72	165,4908	**	1,03064801
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	64	1,52102953	1,66069519	0,88	470,9202	**	0,67338156
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	64	5,13768379	2,98186207	0,71	157,3822	**	1,04952216
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	64	2,08065984	1,02930633	0,91	611,3534	**	0,59906062
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	64	13,4972645	0,58034234	0,92	695,1133	**	0,56495243
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	64	1,67797647	1,06859498	0,91	647,0867	**	0,58377117

Modelo y = a + b(x); N^o = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 7 – Modelos para estimativa da biomassa aérea de Ramos da *R. mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

	Modelo	Nº	a	b	R ² a	F	SEE
1	y = a + b (DAP)	74	-7254,68	1378,07	0,68	154,477	** 9339,162
2	y = a + b (H)	74	-9384,00	1783,63	0,32	34,82	** 13598,76
3	y = a + b (Área da copa)	74	-2579,72	581,62	0,84	390,464	** 6535,529
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-11153,4	4750,5	0,67	149,373	** 9446,218
5	y = a + b (Área basal)	74	-371,1	513244,1	0,77	241,838	** 7933,543
6	y = a + b (DAP x H)	74	-3323,25	75,40	0,70	169,079	** 9051,911
7	y = a + b (DAP ²)	74	-371,074	40,310	0,77	241,838	** 7933,543
8	y = a + b (H ²)	74	-2719,63	87,67	0,36	42,10	** 13157,53
9	y = a + b (Área da copa)	74	3667,662	5,220	0,82	340,821	** 6917,337
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-2658,19	451,18	0,84	395,745	** 6498,529
11	y = a + b (Área basal ²)	74	3496	5129779	0,74	212,954	** 8325,917
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	602,3986	2,3260	0,78	259,164	** 7723,213
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	1379,852	0,130	0,77	245,826	** 7883,610
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	3967,537	0,000	0,75	217,045	** 8266,792
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	521,6479	2,2002	0,78	259,396	** 7720,511
16	y = a + b (Área basal x H)	74	602,40	29615,40	0,78	259,164	** 7723,213
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	3753,2	292727,5	0,75	216,946	** 8268,206
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	3,659714	1,971528	0,95	1259,326	** 0,461
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	2,394435	2,505906	0,84	397,3410	** 0,7771
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	5,521942	1,070936	0,81	312,3485	** 0,8588
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	2,916495	1,147081	0,94	1087,170	** 0,495
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	5,269078	2,137282	0,84	384,7024	** 0,7878
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	3,159603	0,729919	0,95	1286,755	** 0,457
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	11,30987	0,42053	0,95	1343,560	** 0,447
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	2,591356	0,794385	0,95	1286,970	** 0,457

Modelo y = a + b(x); N° = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 8 – Modelos para estimativa da biomassa aérea de Folhas da *R. mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

	Modelo	Nº	a	b	R ² a	F	SEE
1	y = a + b (DAP)	74	-3680,531	820,90226	0,79	274,5172	** 4173,27022
2	y = a + b (H)	74	-5499,803	1114,9747	0,41	51,47891	** 6991,05148
3	y = a + b (Área da copa)	74	-451,4099	324,78187	0,86	448,7079	** 3404,40957
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-5783,839	2779,0354	0,75	222,8646	** 4524,05204
5	y = a + b (Área basal)	74	587,60545	296872,88	0,84	389,1446	** 3617,59829
6	y = a + b (DAP x H)	74	-1291,481	44,636357	0,80	296,1612	** 4048,74016
7	y = a + b (DAP ²)	74	587,60839	23,316393	0,84	389,1446	** 3617,59813
8	y = a + b (H ²)	74	-1237,856	54,108924	0,45	61,33434	** 6727,71965
9	y = a + b (Área da copa)	74	3284,7801	2,6869849	0,71	181,4923	** 4879,28905
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-501,8973	252,19594	0,86	462,2896	** 3360,86097
11	y = a + b (Área basal ²)	74	2970,886	2838491,2	0,75	214,7918	** 4587,28305
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	1194,4618	1,3337543	0,84	384,347	** 3636,5647
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	1682,926	0,0739556	0,81	321,2527	** 3917,44637
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	3295,1589	5,516E-05	0,72	185,8917	** 4837,49125
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	1145,5502	1,2622959	0,84	387,3551	** 3624,63795
16	y = a + b (Área basal x H)	74	1194,46	16981,849	0,84	384,3469	** 3636,5648
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	3145,947	160263,32	0,73	201,3596	** 4698,63488
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,0432927	1,7193902	0,94	1165,037	** 0,41838605
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	2,968144	2,1723119	0,83	358,6684	** 0,70908291
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	5,6496677	0,9422747	0,82	336,1039	** 0,72842221
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,4056936	0,9979009	0,93	944,581	** 0,46152745
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	5,4324897	1,8760372	0,85	406,7044	** 0,67256587
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	3,6134708	0,6355752	0,94	1126,78	** 0,4250096
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	10,712324	0,3664196	0,94	1197,919	** 0,41293393
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,1182039	0,6917798	0,94	1130,823	** 0,42429472

Modelo y = a + b(x); N° = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 9 – Modelos para estimativa da biomassa aérea de Partes reprodutivas da *R. mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

	Modelo	Nº	a	b	R²a	F	SEE
1	y = a + b (DAP)	43	-595,18933	85,7535133	0,20	11,6326952	** 1606,228
2	y = a + b (H)	43	-870,54127	129,545752	0,06	3,9092283	* 1738,8704
3	y = a + b (Área da copa)	43	21,9582841	27,9250071	0,19	11,1098585	** 1614,2658
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	43	-837,26989	300,808322	0,19	10,8831339	** 1617,7891
5	y = a + b (Área basal)	43	71,7487886	26303,8946	0,20	11,7038573	** 1605,1433
6	y = a + b (DAP x H)	43	-212,85057	4,21578845	0,18	10,3797172	** 1625,6953
7	y = a + b (DAP ²)	43	536,369595	2,0659072	0,20	11,7038571	** 1605,1433
8	y = a + b (H ²)	43	-36,453563	4,60483312	0,06	3,45599055	ns 1747,712
9	y = a + b (Área da copa)	43	595,214105	0,18368184	0,11	6,42369679	* 1692,1439
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	43	19,9735627	21,5267986	0,19	10,873949	** 1617,9323
11	y = a + b (Área basal ²)	43	445,033005	221025,301	0,16	8,85929844	** 1650,2963
12	y = a + b (DAP ² x H)	43	185,199925	0,11113391	0,18	10,440805	** 1624,7297
13	y = a + b (DAP x H) ²	43	285,357583	0,00575467	0,16	8,7969683	** 1651,3288
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	43	536,369595	3,7472E-06	0,11	6,27353557	* 1694,8293
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	43	177,264875	0,10556997	0,18	10,5220765	** 1623,4478
16	y = a + b (Área basal x H)	43	185,199601	1414,99783	0,18	10,4408047	** 1624,7297
17	y = a + b (Área basal ² x H)	43	493,533426	11680,9517	0,13	7,50914999	** 1673,1049
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	43	-0,456055	2,11978609	0,43	32,0674465	** 1,5605249
19	Ln y = a + b Ln(H)	43	-1,6881074	2,70039425	0,21	11,999491	** 1,832301
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	43	1,91565426	1,09955338	0,28	17,3683202	** 1,7459993
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	43	-1,8092302	1,34339623	0,38	26,2976934	** 1,6260451
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	43	1,67421432	2,16521995	0,27	16,3780938	** 1,761001
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	43	-1,3730208	0,83355579	0,40	29,0904413	** 1,593321
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	43	7,86426136	0,46889523	0,41	30,6317982	** 1,5760854
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	43	-1,6958234	0,86456682	0,41	29,8058373	** 1,5852514

Modelo y = a + b(x); N° = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01); * Regressão significativa (0,05); ns Regressão não significativa

TABELA 10 – Modelos para estimativa da biomassa aérea de Raízes escora da *R. mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

	Modelo	Nº	a	b	R²a	F	SEE
1	y = a + b (DAP)	74	-40365,5444	7000,5219	0,75	215,71036	** 40148,077
2	y = a + b (H)	74	-52215,6396	9159,20178	0,36	41,584835	** 63897,2723
3	y = a + b (Área da copa)	74	-12080,1437	2733,18017	0,79	277,80899	** 36410,5309
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-53967,8906	22694,2849	0,65	137,25848	** 47076,1527
5	y = a + b (Área basal)	74	-6306,93955	2655363,04	0,88	520,90541	** 27967,2515
6	y = a + b (DAP x H)	74	-21467,2278	389,437386	0,79	282,43122	** 36172,332
7	y = a + b (DAP ²)	74	-6306,91278	208,552186	0,88	520,90541	** 27967,2515
8	y = a + b (H ²)	74	-18934,0659	457,063608	0,42	53,685105	** 60743,6088
9	y = a + b (Área da copa)	74	18377,4358	23,5182714	0,71	179,55792	** 42936,1895
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-12410,8674	2118,79676	0,79	278,79827	** 36359,1546
11	y = a + b (Área basal ²)	74	12919,9974	27224409,6	0,90	624,14255	** 25810,321
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	-1649,67556	12,1349377	0,91	704,58701	** 24436,9744
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	2309,45658	0,68080966	0,90	654,54014	** 25264,6152
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	15645,5271	0,00053636	0,89	564,37253	** 26995,2146
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	-2050,02427	11,4736376	0,91	699,18313	** 24522,4431
16	y = a + b (Área basal x H)	74	-1649,69218	154506,477	0,91	704,58704	** 24436,974
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	14350,208	1550155,26	0,90	625,91725	** 25777,4842
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	3,60424322	2,51170418	0,95	1415,349	** 0,55450994
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	1,86987287	3,24919642	0,88	539,16501	** 0,86504069
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	6,02828419	1,34015975	0,79	268,90782	** 1,15823663
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	2,61168796	1,47209264	0,96	1618,5608	** 0,5201162
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	5,7029828	2,68205155	0,82	332,91002	** 1,06276321
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	2,93973863	0,93420902	0,96	1799,2159	** 0,49437196
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	13,3623205	0,53717543	0,96	1724,0829	** 0,50460621
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	2,21281726	1,01666154	0,96	1794,504	** 0,49499556

Modelo y = a + b(x); N° = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 11 – Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Copa 1 da *R. mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

	Modelo	Nº	a	b	R²a	F	SEE	
1	y = a + b (DAP)	74	-11346,8	2275,4	0,73	199,23	**	13578,61
2	y = a + b (H)	74	-15430,3	2999,1	0,36	41,21	**	21017,14
3	y = a + b (Área da copa)	74	-3110,86	935,12	0,86	450,114	**	9786,732
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-17499,4	7777,8	0,71	180,16	**	14082,57
5	y = a + b (Área basal)	74	206,6	837535,5	0,81	308,03	**	11471,19
6	y = a + b (DAP x H)	74	-4788,47	124,10	0,75	216,52	**	13165,45
7	y = a + b (DAP ²)	74	206,5637	65,7800	0,81	308,03	**	11471,19
8	y = a + b (H ²)	74	-4111,52	146,60	0,40	49,52	**	20285,86
9	y = a + b (Área da copa)	74	7230,790	8,119	0,79	269,08	**	12108,61
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-3239,90	725,51	0,86	458,007	**	9713,589
11	y = a + b (Área basal ²)	74	6692	8217093	0,75	224,84	**	12979,62
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	1858,141	3,779	0,81	319,11	**	11307,68
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	3183,110	0,211	0,80	285,66	**	11824,61
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	7541,637	0,000	0,74	209,82	**	13320,93
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	1723,276	3,575	0,81	320,34	**	11289,93
16	y = a + b (Área basal x H)	74	1858,14	48114,10	0,81	319,11	**	11307,68
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	7153,0	466348,1	0,75	219,16	**	13105,62
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,564397	1,855256	0,95	1411,040	**	0,410
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	3,394890	2,348321	0,84	390,9751	**	0,7342
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	6,308155	1,011831	0,82	337,1237	**	0,7810
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,872906	1,077578	0,94	1130,727	**	0,456
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	6,072701	2,016414	0,85	413,3227	**	0,7171
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	4,098509	0,686128	0,95	1382,231	**	0,414
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	11,76132	0,39548	0,95	1476,419	**	0,401
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,563281	0,746890	0,95	1394,806	**	0,412

Modelo $y = a + b(x)$; Nº = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 12 – Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Copa 2 da *R. mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

	Modelo	Nº	a	b	R²a	F	SEE	
1	y = a + b (DAP)	74	-75489,8	12093,6	0,75	222,46	**	68296,01
2	y = a + b (H)	74	-85196,6	14797,2	0,31	34,3	**	113672,3
3	y = a + b (Área da copa)	74	-31271,1	4948,4	0,88	522,79	**	48053,91
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-102962	40126	0,69	162,06	**	76603,97
5	y = a + b (Área basal)	74	-17600	4637308	0,90	683,75	**	42630,63
6	y = a + b (DAP x H)	74	-41739,8	666,2	0,78	266,60	**	63689,73
7	y = a + b (DAP ²)	74	-17600,0	364,2	0,90	683,75	**	42630,64
8	y = a + b (H ²)	74	-31479,9	738,8	0,37	43,5	**	109032,9
9	y = a + b (Área da copa)	74	22541,77	43,80	0,83	367,22	**	55920,57
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-31797,8	3833,3	0,88	519,86	**	48172,90
11	y = a + b (Área basal ²)	74	16002	47523276	0,92	856,44	**	38462,14
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	-9080,97	21,09	0,92	891,53	**	37755,45
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	-2012,81	1,18	0,91	765,25	**	40502,73
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	20650,09	0,00	0,92	790,39	**	39907,95
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	-9794,65	19,94	0,92	888,34	**	37818,12
16	y = a + b (Área basal x H)	74	-9081,0	268521,3	0,92	891,53	**	37755,45
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	18475	2707185	0,92	869,79	**	38188,66
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,409862	2,346133	0,97	2412,159	**	0,397
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	3,007066	2,934388	0,84	382,2576	**	0,9278
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	6,615029	1,279534	0,84	380,6573	**	0,9295
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,563838	1,356021	0,95	1370,821	**	0,521
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	6,322810	2,545241	0,86	465,1656	**	0,8532
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	3,837730	0,864994	0,96	1931,487	**	0,442
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	13,50362	0,49924	0,97	2301,404	**	0,406
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,152501	0,943192	0,97	2161,623	**	0,418

Modelo $y = a + b(x)$; Nº = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 13 – Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Copa 3 da *R. mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

	Modelo	Nº	a	b	R²a	F	SEE	
1	y = a + b (DAP)	74	-90897,1	14574,8	0,76	233,66	**	80312,89
2	y = a + b (H)	74	-103862	17954	0,3	35,6	**	135357,5
3	y = a + b (Área da copa)	74	-37201,7	5943,9	0,88	545,97	**	56483,19
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-123516	48246	0,69	165,86	**	91042,33
5	y = a + b (Área basal)	74	-21433	5604755	0,92	836,00	**	46597,16
6	y = a + b (DAP x H)	74	-50617,8	805,2	0,80	290,48	**	73749,91
7	y = a + b (DAP ²)	74	-21432,9	440,2	0,92	836,00	**	46597,17
8	y = a + b (H ²)	74	-38952,9	898,3	0,4	45,7	**	129440,0
9	y = a + b (Área da copa)	74	27506,07	52,55	0,84	373,46	**	66527,00
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-37871,1	4605,9	0,88	545,57	**	56501,17
11	y = a + b (Área basal ²)	74	18799	57771870	0,95	1359,19	**	37115,33
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	-11304,4	25,5	0,94	1235,08	**	38837,51
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	-2855,33	1,43	0,93	1048,26	**	41951,00
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	24438,66	0,00	0,94	1211,61	**	39190,85
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	-12159,5	24,1	0,94	1224,98	**	38988,34
16	y = a + b (Área basal x H)	74	-11304,4	325109,9	0,94	1235,08	**	38837,50
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	21789	3291864	0,95	1407,12	**	36509,04
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,516360	2,382390	0,971	2461,897	**	0,399
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	3,058954	2,994988	0,8486	410,0393	**	0,9143
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	6,762836	1,295916	0,8348	369,8365	**	0,9550
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,644968	1,379862	0,954	1515,369	**	0,504
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	6,463757	2,580456	0,8618	456,2891	**	0,8734
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	3,928024	0,879519	0,967	2121,124	**	0,429
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	13,75385	0,50734	0,971	2472,099	**	0,398
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,233228	0,958733	0,970	2351,132	**	0,408

Modelo $y = a + b(x)$; Nº = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 14 – Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Partes aéreas da *R. mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

	Modelo	Nº	a	b	R²a	F	SEE	
1	y = a + b (DAP)	74	-143564	25450	0,81	308,0	**	122143,3
2	y = a + b (H)	74	-184975	33139	0,38	46,4	**	218801,7
3	y = a + b (Área da copa)	74	-46128,8	10199,7	0,90	683,28	**	86640,13
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-199247	83949	0,73	198,8	**	144682,5
5	y = a + b (Área basal)	74	-17449	9532081	0,93	901,76	**	76303,89
6	y = a + b (DAP x H)	74	-72792,3	1403,5	0,84	397,2	**	109926,0
7	y = a + b (DAP ²)	74	-17449,3	748,6	0,93	901,76	**	76303,89
8	y = a + b (H ²)	74	-64039,2	1649,9	0,45	60,2	**	207106,5
9	y = a + b (Área da copa)	74	65150,65	89,96	0,85	422,0	**	107130,7
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-47106,1	7897,3	0,90	671,19	**	87341,85
11	y = a + b (Área basal ²)	74	53724	95837677	0,91	717,67	**	84732,47
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	31,53505	43,35828	0,95	1297,85	**	64333,36
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	14192,09	2,43	0,94	1139,85	**	68398,87
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	62814,13	0,00	0,91	711,51	**	85064,83
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	-1440,98	41,01	0,95	1292,83	**	64451,66
16	y = a + b (Área basal x H)	74	31,5	552053,5	0,95	1297,85	**	64333,36
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	58617	5464423	0,91	742,19	**	83446,95
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	5,360943	2,380682	0,99	5189,110	**	0,274
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	3,829565	3,027587	0,88	547,0744	**	0,8002
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	7,633106	1,282180	0,83	359,1640	**	0,9588
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	4,462170	1,385444	0,98	3257,368	**	0,345
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	7,338880	2,551687	0,86	437,1717	**	0,8823
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	4,756257	0,881523	0,99	5795,751	**	0,260
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	14,59908	0,50784	0,99	7007,320	**	0,237
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	4,065601	0,960047	0,99	6542,284	**	0,245

Modelo $y = a + b(x)$; Nº = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 15 – Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Galho principal+Tronco da *R. mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

	Modelo	Nº	a	b	R²a	F	SEE
1	y = a + b (DAP)	74	-68074,5	13356,5	0,80	290,89	** 65962,57
2	y = a + b (H)	74	-99778,3	18341,6	0,42	54,6	** 111685,4
3	y = a + b (Área da copa)	74	-14857,7	5251,3	0,86	446,18	** 55201,01
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-96284,2	43822,5	0,71	183,63	** 78592,74
5	y = a + b (Área basal)	74	151	4894773	0,88	512,44	** 51977,59
6	y = a + b (DAP x H)	74	-31052,6	737,3	0,84	374,73	** 59451,67
7	y = a + b (DAP ²)	74	150,6769	384,4355	0,88	512,44	** 51977,59
8	y = a + b (H ²)	74	-32559,3	911,1	0,49	71,6	** 104868,0
9	y = a + b (Área da copa)	74	42608,88	46,16	0,80	301,90	** 64983,91
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-15308,3	4063,9	0,86	437,70	** 55658,32
11	y = a + b (Área basal ²)	74	37722	48314401	0,83	349,90	** 61176,14
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	9112,506	22,269	0,90	629,50	** 47442,98
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	16204,90	1,25	0,89	614,28	** 47966,09
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	42164,03	0,00	0,83	359,94	** 60460,66
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	8353,670	21,061	0,90	628,62	** 47472,73
16	y = a + b (Área basal x H)	74	9112,5	283532,2	0,90	629,50	** 47442,98
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	40141	2757238	0,83	360,02	** 60455,03
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,852192	2,387289	0,98	2972,973	** 0,364
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	3,249247	3,067170	0,89	599,8526	** 0,7742
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	7,147239	1,277962	0,81	316,4612	** 1,0181
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,925794	1,395187	0,98	3022,641	** 0,361
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	6,853862	2,543392	0,84	377,2677	** 0,9467
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	4,230779	0,886335	0,98	4161,717	** 0,308
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	14,12250	0,51004	0,98	4126,275	** 0,310
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,540632	0,964635	0,98	4173,921	** 0,308

Modelo y = a + b(x); N° = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 16 – Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Partes lenhosas da *R. mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

	Modelo	Nº	a	b	R²a	F	SEE
1	y = a + b (DAP)	74	-179838	31553	0,81	315,2	** 149696,2
2	y = a + b (H)	74	-231144	41083	0,39	46,7	** 270320,1
3	y = a + b (Área da copa)	74	-57677,8	12579,4	0,90	641,6	** 110273,7
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-246868	103616	0,73	195,4	** 180125,6
5	y = a + b (Área basal)	74	-24334	11863153	0,94	1074,65	** 86990,69
6	y = a + b (DAP x H)	74	-92794,3	1744,2	0,85	422,2	** 132510,2
7	y = a + b (DAP ²)	74	-24333,9	931,7	0,94	1074,65	** 86990,69
8	y = a + b (H ²)	74	-81581,3	2048,1	0,45	60,9	** 255491,0
9	y = a + b (Área da copa)	74	79964,96	110,58	0,84	387,6	** 137401,4
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-58935,2	9741,7	0,90	633,3	** 110916,3
11	y = a + b (Área basal ²)	74	63447	119974773	0,93	965,33	** 91459,72
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	-2873,88	54,04	0,96	1805,28	** 67986,45
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	14698,29	3,03	0,95	1545,45	** 73243,98
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	74885,55	0,00	0,93	941,99	** 92506,20
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	-4692,63	51,10	0,96	1788,22	** 68297,48
16	y = a + b (Área basal x H)	74	-2874,0	688061,3	0,96	1805,28	** 67986,45
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	69567	6840958	0,93	1010,44	** 89533,58
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	5,326837	2,465755	0,99	4867,384	** 0,294
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	3,709117	3,150423	0,89	589,5521	** 0,8021
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	7,686512	1,325035	0,83	347,9423	** 1,0067
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	4,384143	1,437723	0,98	3771,613	** 0,333
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	7,378446	2,640350	0,85	428,6343	** 0,9220
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	4,693475	0,914135	0,99	6619,191	** 0,252
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	14,89817	0,52636	0,99	7365,104	** 0,239
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,980390	0,995088	0,99	6904,846	** 0,247

Modelo y = a + b(x); N° = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 17 – Modelos para estimativa da biomassa aérea do compartimento Partes verdes da *R. mangle*, estuário do rio São Francisco, SE

	Modelo	Nº	a	b	R²a	F	SEE	
1	y = a + b (DAP)	74	-4092,10	897,33	0,78	254,562	**	4737,257
2	y = a + b (H)	74	-6046,26	1215,50	0,40	49,624	**	7762,470
3	y = a + b (Área da copa)	74	-531,138	353,499	0,84	379,864	**	4027,229
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-6346,08	3027,31	0,73	203,428	**	5158,293
5	y = a + b (Área basal)	74	577,6	324291,4	0,83	349,556	**	4169,485
6	y = a + b (DAP x H)	74	-1465,22	48,70	0,79	268,536	**	4639,047
7	y = a + b (DAP ²)	74	577,6377	25,4698	0,83	349,556	**	4169,484
8	y = a + b (H ²)	74	-1391,90	58,93	0,44	58,740	**	7486,970
9	y = a + b (Área da copa)	74	3563,128	2,899	0,68	157,537	**	5650,463
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-581,717	274,331	0,84	386,825	**	3996,559
11	y = a + b (Área basal ²)	74	3196	3087314	0,73	194,289	**	5246,057
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	1255,742	1,453	0,82	334,775	**	4244,562
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	1803,258	0,080	0,79	276,280	**	4587,180
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	3574,100	0,000	0,69	161,062	**	5607,569
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	1201,628	1,375	0,82	337,689	**	4229,438
16	y = a + b (Área basal ² x H)	74	1255,74	18498,70	0,82	334,775	**	4244,562
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	3399,8	173620,6	0,71	177,929	**	5415,040
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,020093	1,749435	0,94	1134,368	**	0,431
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	2,930978	2,208038	0,83	351,1081	**	0,7285
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	5,660371	0,956003	0,82	322,7215	**	0,7542
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,373152	1,014916	0,93	913,5327	**	0,4773
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	5,440654	1,902844	0,84	386,4729	**	0,6998
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	3,583838	0,646512	0,94	1088,744	**	0,440
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	10,80519	0,37277	0,94	1159,572	**	0,427
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,078536	0,703914	0,94	1104,221	**	0,437

Modelo y = a + b(x); N^o = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; a e b = parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = erro padrão da estimativa; ** Regressão significativa (0,01)

TABELA 18 – Modelos para estimativa da biomassa aérea total e por compartimentos da *R. mangle* que apresentaram igualdades de parâmetros

Biomassa		a	b	R ² a	F	SEE
Total						
05	y = a + b (Área basal)	-23756	12187444	0,94	1105,04	88130,90
07	y = a + b (DAP ²)	-23756,3	957,2	0,94	1105,04	88130,91
12	y = a + b (DAP ² x H)	-1618,14	55,49	0,96	1846,24	69035,68
16	y = a + b (Área basal x H)	-1618,2	706560,0	0,96	1846,24	69035,68
Tronco						
05	y = a + b (Área basal)	3984	3927325	0,83	369,73	49097,35
07	y = a + b (DAP ²)	3983,592	308,452	0,83	369,73	49097,34
12	y = a + b (DAP ² x H)	11335,94	17,82	0,85	416,15	46704,96
16	y = a + b (Área basal x H)	11335,9	2269,43,6	0,85	416,15	46704,97
Galho Principal						
05	y = a + b (Área basal)	-4751,44793	982456,937	0,80	232,08	14770,19
07	y = a + b (DAP ²)	-4751,43223	77,1621458	0,80	232,08	14770,20
12	y = a + b (DAP ² x H)	-2773,27374	4,48339382	0,83	295,15	13386,45
16	y = a + b (Área basal x H)	-2773,28315	57084,2195	0,83	295,15	13386,45
Galhos						
05	y = a + b (Área basal)	-21969,14	3868421,9	0,89	509,90	39711,70
07	y = a + b (DAP ²)	-21969,09	303,825797	0,89	509,90	39711,70
12	y = a + b (DAP ² x H)	-13384,287	17,4847311	0,91	654,55	35477,71
16	y = a + b (Área basal x H)	-13384,317	222622,017	0,91	654,55	35477,71
Ramos						
05	y = a + b (Área basal)	-371,1	513244,1	0,77	241,84	7933,54
07	y = a + b (DAP ²)	-371,074	40,310	0,77	241,84	7933,54
12	y = a + b (DAP ² x H)	602,3986	2,3260	0,78	259,16	7723,21
16	y = a + b (Área basal x H)	602,40	29615,40	0,78	259,16	7723,21
23	y = a + b Ln (DAP ² x H)	3,159603	0,729919	0,95	1286,75	0,46
25	y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	2,591356	0,794385	0,95	1286,97	0,46
Folhas						
05	y = a + b (Área basal)	587,60545	296872,88	0,84	389,14	3617,60
07	y = a + b (DAP ²)	587,60839	23,316393	0,84	389,14	3617,60
12	y = a + b (DAP ² x H)	1194,4618	1,3337543	0,84	384,35	3636,56
16	y = a + b (Área basal x H)	1194,46	16981,849	0,84	384,35	3636,56
Partes reprodutivas						
05	y = a + b (Área basal)	71,7487886	26303,8946	0,20	11,70	1605,14
07	y = a + b (DAP ²)	71,7493985	2,0659072	0,20	11,70	1605,14
12	y = a + b (DAP ² x H)	185,199925	0,11113391	0,18	10,44	1624,73
16	y = a + b (Área basal x H)	185,199601	1414,99783	0,18	10,44	1624,73
Raízes escora						
05	y = a + b (Área basal)	-6306,93955	2655363,04	0,88	520,91	27967,25
07	y = a + b (DAP ²)	-6306,91278	208,552186	0,88	520,91	27967,25
12	y = a + b (DAP ² x H)	-1649,67556	12,1349377	0,91	704,59	24436,97
16	y = a + b (Área basal x H)	-1649,69218	15406,477	0,91	704,59	24436,97

Continuação...

Continua...

Partes verdes						
05	y = a + b (Área basal)	577,6	324291,4	0,83	349,56	4169,48
07	y = a + b (DAP ²)	577,6377	25,4698	0,83	349,56	4169,48
12	y = a + b (DAP ² x H)	1255,742	1,453	0,82	334,77	4244,56
16	y = a + b (Área basal x H)	1255,74	2,17813	0,82	334,77	4244,56
Partes lenhosas						
05	y = a + b (Área basal)	-24334	11863153	0,94	1074,65	86990,69
07	y = a + b (DAP ²)	-24333,9	931,7	0,94	1074,65	86990,69
12	y = a + b (DAP ² x H)	-2873,88	1,272	0,96	1805,28	67986,45
16	y = a + b (Área basal x H)	-2874,0	688061,3	0,96	1805,28	67986,45
Partes aéreas						
05	y = a + b (Área basal)	-17449	9532081	0,93	901,76	76303,89
07	y = a + b (DAP ²)	-17449,3	748,6	0,93	901,76	76303,89
12	y = a + b (DAP ² x H)	31,53505	43,358828	0,95	1297,85	64333,36
16	y = a + b (Área basal x H)	31,5	552053,5	0,95	1297,85	64333,36
Galho principal + tronco						
05	y = a + b (Área basal)	151	4894773	0,88	512,44	51977,59
07	y = a + b (DAP ²)	150,6769	384,4355	0,88	512,44	51977,59
12	y = a + b (DAP ² x H)	9112,506	22,269	0,90	629,50	47442,98
16	y = a + b (Área basal x H)	9112,5	283532,2	0,90	629,50	47442,98
Copa 1						
05	y = a + b (Área basal)	206,6	837535	0,81	308,03	11471,19
07	y = a + b (DAP ²)	206,5637	65,7800	0,81	308,03	11471,19
12	y = a + b (DAP ² x H)	1858,141	3,779	0,81	319,11	11307,68
16	y = a + b (Área basal x H)	1858,14	48114,10	0,81	319,11	11307,68
Copa 2						
05	y = a + b (Área basal)	-17600	4637308	0,90	683,75	42630,63
07	y = a + b (DAP ²)	-17600,0	364,2	0,90	683,75	42630,64
12	y = a + b (DAP ² x H)	-9080,97	21,09	0,92	891,53	37755,45
16	y = a + b (Área basal x H)	09081,0	0,080825	0,92	891,53	37755,45
Copa 3						
05	y = a + b (Área basal)	-21433	5604755	0,92	836,00	46597,16
07	y = a + b (DAP ²)	-21432,9	440,2	0,92	836,00	46597,17
12	y = a + b (DAP ² x H)	-11304,4	25,5	0,94	1235,08	38837,51
16	y = a + b (Área basal x H)	-11304,4	325109,9	0,94	1235,08	38837,50

TABELA 19 – Seleção de regressões que apresentaram maior R^2a , maior F e menor SEE. Biomassa aérea total de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo	Nº	a	b	R^2a	F	SEE	
1	y = a + b (DAP)	74	-183930	32451	0,81	321,91 **	152344,22
2	y = a + b (H)	74	-237191	42298	0,39	47,22 **	276917,48
3	y = a + b (Área da copa)	74	-58208,9	12932,9	0,90	662,66 **	111552,76
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-253215	106643	0,73	199,42 **	183529,27
5	y = a + b (Área basal)	74	-23756	12187444	0,94	1105,04 **	88130,90
6	y = a + b (DAP x H)	74	-94259,6	1792,9	0,85	430,63 **	134864,70
8	y = a + b (H ²)	74	-82973,2	2107,0	0,45	61,44 **	261744,71
9	y = a + b (Área da copa)	74	83528,09	113,48	0,84	386,50 **	141206,41
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-59516,9	10016,1	0,90	654,66 **	112165,77
11	y = a + b (Área basal ²)	74	66644	123062087	0,93	946,30 **	94751,50
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	-1618,14	55,49	0,96	(c) 1846,24 **	(d) 69035,68 (e)
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	16501,55	3,11	0,95	(c) 1547,60 **	75131,14
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	78459,65	0,00	0,93	907,48 **	96610,86
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	-3491,00	52,48	0,96	(c) 1830,81 **	(d) 69314,94 (e)
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	72967	7014579	0,93	979,72 **	93234,19
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	5,534244	2,404770	0,99	(c) 5039,40 **	(d) 0,281 (e)
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	3,969021	3,066720	0,89	572,33 **	0,7925
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	7,834043	1,292974	0,83	351,21 **	0,9778
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	4,619527	1,401070	0,98	(c) 3568,95 **	0,333
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	7,534838	2,575277	0,85	430,66 **	0,8972
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	4,919338	0,891087	0,99	(c) 6332,75 **	(d) 0,251 (e)
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	14,86763	0,51320	0,99	(c) 7313,43 **	(d) 0,234 (e)
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	4,222382	0,970281	0,99	(c) 6968,71 **	(d) 0,240 (e)

Modelo y = a + b(x); Nº = número amostral; R^2a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R^2a ; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 20 – Seleção de regressões que apresentaram maior R²a, maior F e menor SEE. Biomassa do Tronco de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo	Nº	a	b	R ² a	F	SEE		
1 y = a + b (DAP)	74	-52667,1	10875,3	0,79	267,68	**	55989,35	
2 y = a + b (H)	74	-81113,2	15185,1	0,43	56,18	**	91145,64	
3 y = a + b (Área da copa)	74	-8927,07	4255,80	0,84	374,08	**	48857,79	
4 y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-75730,5	35703,4	0,70	173,78	**	65821,29	
6 y = a + b (DAP x H)	74	-22174,5	598,2	0,82	325,68	**	51745,33	
7 y = a + b (DAP ²)	74	3983,592	308,452	0,83	369,73	**	49097,34	
8 y = a + b (H ²)	74	-25086,3	751,6	0,50	72,88	**	85731,42	
9 y = a + b (Área da copa)	74	37644,58	37,41	0,78	265,08	**	56204,20	
10 y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-9235,00	3291,37	0,83	365,02	**	49361,34	
11 y = a + b (Área basal ²)	74	34925	38065808	0,76	232,30	**	59154,30	
12 y = a + b (DAP ² x H)	74	11335,94	17,82	0,85	(c) 416,15	**	(d) 46704,96	
13 y = a + b (DAP x H) ²	74	17047,42	1,00	0,85	(c) 406,03	**	47196,77	
14 y = a + b (DAP ² x H) ²	74	38375,47	0,00	0,77	239,63	**	58455,01	
15 y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	10718,53	16,86	0,85	(c) 416,58	**	(d) 46684,27	(e)
17 y = a + b (Área basal ² x H)	74	36828	2172559	0,76	237,29	**	58674,97	
18 Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,775321	2,359246	0,97	(c) 2418,645	**	0,398	
19 Ln y = a + b Ln(H)	74	3,189144	3,032095	0,89	(c) 574,2080	**	0,7822	
20 Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	7,037820	1,265571	0,81	314,3272	**	1,0117	
21 Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,859036	1,378978	0,97	(c) 2474,311	**	(d) 0,394	
22 Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	6,749437	2,516921	0,84	371,0165	**	0,9447	
23 Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	4,160747	0,875996	0,98	(c) 3179,580	**	(d) 0,349	(e)
24 Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	13,93693	0,50407	0,98	(c) 3148,794	**	(d) 0,350	(e)
25 Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,478939	0,953338	0,98	(c) 3173,48	**	(d) 0,350	(e)

Modelo y = a + b(x); Nº = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R²a; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 21 – Regressões selecionadas que apresentaram maior R²a, maior F e menor SEE. Biomassa de Galho principal de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo	Nº	a	b	R ² a	F	SEE
1 y = a + b (DAP)	60	-19886,0796	2688,69225	0,65	111,2551 **	19336,281
2 y = a + b (H)	60	-25994,8016	3706,10703	0,28	23,76126 **	27820,8276
3 y = a + b (Área da copa)	60	-6584,9299	1011,74174	0,72	150,7397 **	17411,7063
4 y = a + b (Diâmetro médio da copa)	60	-25741,4277	9001,97824	0,59	87,61583 **	20846,8069
6 y = a + b (DAP x H)	60	-11726,3726	146,592546	0,70	135,9496 **	18063,3954
7 y = a + b (DAP ²)	60	-4751,43223	77,1621458	0,80	232,0783 **	14770,1955
8 y = a + b (H ²)	60	-9623,53471	169,30633	0,32	29,08231 **	26957,4543
9 y = a + b (Área da copa)	60	6451,19833	8,58380958	0,67	120,6002 **	18823,6082
10 y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	60	-6771,15333	787,06986	0,72	154,054 **	17275,1018
11 y = a + b (Área basal ²)	60	3607,34846	10145065	0,87	(c) 410,9129 ** (d)	11617,1009
12 y = a + b (DAP ² x H)	60	-2773,27374	4,48339382	0,83	295,1482 **	13386,4487
13 y = a + b (DAP x H) ²	60	-1016,82101	0,2511544	0,83	297,1921 **	13347,8762
14 y = a + b (DAP ² x H) ²	60	4838,63804	0,00020006	0,87	(c) 402,0157 **	11728,9063
15 y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	60	-2945,50971	4,23994945	0,83	292,8264 **	13430,6706
17 y = a + b (Área basal ² x H)	60	4248,1891	578098,529	0,88	(c) 429,5053 ** (d)	11393,4216 (e)
18 Ln y = a + b Ln(DAP)	60	3,12722253	2,20869039	0,85	(c) 326,9456 ** (d)	0,784708 (e)
19 Ln y = a + b Ln(H)	60	1,85214676	2,76854322	0,72	153,8446 **	1,05778896
20 Ln y = a + b Ln(Área da copa)	60	5,48605363	1,15698363	0,77	195,7365 **	0,96653202
21 Ln y = a + b Ln(DAP x H)	60	2,22419712	1,30033256	0,84	307,0527 **	0,80580498
22 Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	60	5,14405014	2,33756326	0,77	196,6886 **	0,96472387
23 Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	60	2,50431668	0,82619655	0,85	(c) 334,2361 ** (d)	0,77738106 (e)
24 Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	60	11,7182818	0,47445788	0,85	(c) 339,9329 ** (d)	0,7717965 (e)
25 Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	60	1,91439578	0,89153586	0,85	(c) 342,947 ** (d)	0,76889014 (e)

Modelo y = a + b(x); Nº = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R²a; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 22 – Regressões selecionadas que apresentaram maior R²a, maior F e menor SEE. Biomassa de Galhos de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo	Nº	a	b	R ² a	F	SEE	
1 y = a + b (DAP)	64	-86061,682	10856,6464	0,76	195,5478	**	59176,5841
2 y = a + b (H)	64	-116494,06	15194,4537	0,30	28,59715	**	99774,9661
3 y = a + b (Área da copa)	64	-35135,687	4142,18567	0,85	356,9865	**	46395,8182
4 y = a + b (Diâmetro médio da copa)	64	-123584,51	38199,6053	0,71	155,2285	**	64434,8009
6 y = a + b (DAP x H)	64	-48423,3	573,222794	0,77	212,7485	**	57294,2688
7 y = a + b (DAP ²)	64	-21969,09	303,825797	0,89	509,9007	**	39711,7042
8 y = a + b (H ²)	64	-38758,328	640,710823	0,33	32,01067	**	97946,8048
9 y = a + b (Área da copa)	64	18122,9964	35,3555022	0,81	265,3516	**	52489,403
10 y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	64	-35966,238	3214,63924	0,85	356,0384	**	46448,3996
11 y = a + b (Área basal ²)	64	11060,4301	39081655,8	0,92	(c) 760,8846	** (d)	33106,2041
12 y = a + b (DAP ² x H)	64	-13384,287	17,4847311	0,91	(c) 654,5499	**	35477,7133
13 y = a + b (DAP x H) ²	64	-6305,614	0,97389072	0,90	(c) 574,1219	**	37653,7887
14 y = a + b (DAP ² x H) ²	64	15505,1134	0,00077126	0,92	(c) 730,0289	**	33744,9153
15 y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	64	-14091,922	16,5431341	0,91	(c) 652,0518	**	35539,7186
17 y = a + b (Área basal ² x H)	64	13417,6659	2226049,42	0,93	(c) 797,2054	** (d)	32398,9054 (e)
18 Ln y = a + b Ln(DAP)	64	3,15735081	2,63814949	0,92	(c) 746,0843	** (d)	0,54684465 (e)
19 Ln y = a + b Ln(H)	64	0,59701025	3,70371718	0,67	128,5136	**	1,12623589
20 Ln y = a + b Ln(Área da copa)	64	5,53545805	1,49244843	0,72	165,4908	**	1,03064801
21 Ln y = a + b Ln(DAP x H)	64	1,52102953	1,66069519	0,88	470,9202	**	0,67338156
22 Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	64	5,13768379	2,98186207	0,71	157,3822	**	1,04952216
23 Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	64	2,08065984	1,02930633	0,91	(c) 611,3534	**	0,59906062
24 Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	64	13,4972645	0,58034234	0,92	(c) 695,1133	** (d)	0,56495243 (e)
25 Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	64	1,67797647	1,06859498	0,91	(c) 647,0867	** (d)	0,58377117

Modelo y = a + b(x); N° = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R²a; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 23 – Regressões selecionadas que apresentaram maior R^2a , maior F e menor SEE. Biomassa de Ramos de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo	Nº	a	b	R^2a	F	SEE
1 y = a + b (DAP)	74	-7254,68	1378,07	0,68	154,477 **	9339,162
2 y = a + b (H)	74	-9384,00	1783,63	0,32	34,82 **	13598,76
3 y = a + b (Área da copa)	74	-2579,72	581,62	0,84	(c) 390,464 ** (d)	6535,529
4 y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-11153,4	4750,5	0,67	149,373 **	9446,218
6 y = a + b (DAP x H)	74	-3323,25	75,40	0,70	169,079 **	9051,911
7 y = a + b (DAP ²)	74	-371,074	40,310	0,77	241,838 **	7933,543
8 y = a + b (H ²)	74	-2719,63	87,67	0,36	42,10 **	13157,53
9 y = a + b (Área da copa)	74	3667,662	5,220	0,82	(c) 340,821 **	6917,337
10 y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-2658,19	451,18	0,84	(c) 395,745 ** (d)	6498,529 (e)
11 y = a + b (Área basal ²)	74	3496	5129779	0,74	212,954 **	8325,917
12 y = a + b (DAP ² x H)	74	602,3986	2,3260	0,78	259,164 **	7723,213
13 y = a + b (DAP x H) ²	74	1379,852	0,130	0,77	245,826 **	7883,610
14 y = a + b (DAP ² x H) ²	74	3967,537	0,000	0,75	217,045 **	8266,792
15 y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	521,6479	2,2002	0,78	259,396 **	7720,511
17 y = a + b (Área basal ² x H)	74	3753,2	292727,5	0,75	216,946 **	8268,206
18 Ln y = a + b Ln(DAP)	74	3,659714	1,971528	0,95	(c) 1259,326 ** (d)	0,461 (e)
19 Ln y = a + b Ln(H)	74	2,394435	2,505906	0,84	(c) 397,3410 **	0,7771
20 Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	5,521942	1,070936	0,81	(c) 312,3485 **	0,8588
21 Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	2,916495	1,147081	0,94	(c) 1087,170 **	0,495
22 Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	5,269078	2,137282	0,84	(c) 384,7024 **	0,7878
23 Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	3,159603	0,729919	0,95	(c) 1286,755 ** (d)	0,457 (e)
24 Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	11,30987	0,42053	0,95	(c) 1343,560 ** (d)	0,447 (e)

Modelo y = a + b(x); Nº = número amostral; R^2a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R^2a ; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 24 – Regressões selecionadas que apresentaram maior R^2a , maior F e menor SEE. Biomassa de Folhas de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo		Nº	a	b	R^2a	F		SEE
1	y = a + b (DAP)	74	-3680,531	820,90226	0,79	274,5172	**	4173,27022
2	y = a + b (H)	74	-5499,803	1114,9747	0,41	51,47891	**	6991,05148
3	y = a + b (Área da copa)	74	-451,4099	324,78187	0,86	(c) 448,7079	**	3404,40957
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-5783,839	2779,0354	0,75	222,8646	**	4524,05204
6	y = a + b (DAP x H)	74	-1291,481	44,636357	0,80	296,1612	**	4048,74016
7	y = a + b (DAP ²)	74	587,60839	23,316393	0,84	389,1446	**	3617,59813
8	y = a + b (H ²)	74	-1237,856	54,108924	0,45	61,33434	**	6727,71965
9	y = a + b (Área da copa)	74	3284,7801	2,6869849	0,71	181,4923	**	4879,28905
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-501,8973	252,19594	0,86	(c) 462,2896	** (d)	3360,86097 (e)
11	y = a + b (Área basal ²)	74	2970,886	2838491,2	0,75	214,7918	**	4587,28305
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	1194,4618	1,3337543	0,84	384,347	**	3636,5647
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	1682,926	0,0739556	0,81	321,2527	**	3917,44637
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	3295,1589	5,516E-05	0,72	185,8917	**	4837,49125
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	1145,5502	1,2622959	0,84	387,3551	**	3624,63795
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	3145,947	160263,32	0,73	201,3596	**	4698,63488
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,0432927	1,7193902	0,94	(c) 1165,037	** (d)	0,41838605 (e)
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	2,968144	2,1723119	0,83	358,6684	**	0,70908291
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	5,6496677	0,9422747	0,82	336,1039	**	0,72842221
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,4056936	0,9979009	0,93	(c) 944,581	**	0,46152745
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	5,4324897	1,8760372	0,85	(c) 406,7044	**	0,67256587
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	3,6134708	0,6355752	0,94	(c) 1126,78	** (d)	0,4250096 (e)
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	10,712324	0,3664196	0,94	(c) 1197,919	** (d)	0,41293393 (e)
25	Ln y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,118204	0,691780	0,94	(c) 1130,82	** (d)	0,42429471 (e)

Modelo y = a + b(x); N° = número amostral; R^2a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R^2a ; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 25 – Regressões selecionadas que apresentaram maior R²a, maior F e menor SEE. Biomassa de Partes reprodutivas de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo	Nº	a	b	R ² a	F	SEE
1 y = a + b (DAP)	43	-595,18933	85,7535133	0,20 (c)	11,6326952 **	1606,228
3 y = a + b (Área da copa)	43	21,9582841	27,9250071	0,19	11,1098585 **	1614,2658
4 y = a + b (Diâmetro médio da copa)	43	-837,26989	300,808322	0,19	10,8831339 **	1617,7891
6 y = a + b (DAP x H)	43	-212,85057	4,21578845	0,18	10,3797172 **	1625,6953
7 y = a + b (DAP ²)	43	71,7493985	2,0659072	0,20 (c)	11,7038571 ** (d)	1605,1433 (e)
10 y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	43	19,9735627	21,5267986	0,19	10,873949 **	1617,9323
11 y = a + b (Área basal ²)	43	445,033005	221025,301	0,16	8,85929844 **	1650,2963
12 y = a + b (DAP ² x H)	43	185,199925	0,11113391	0,18	10,440805 **	1624,7297
13 y = a + b (DAP x H) ²	43	285,357583	0,00575467	0,16	8,7969683 **	1651,3288
15 y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	43	177,264875	0,10556997	0,18	10,5220765 **	1623,4478
17 y = a + b (Área basal ² x H)	43	493,533426	11680,9517	0,13	7,50914999 **	1673,1049
18 Ln y = a + b Ln(DAP)	43	-0,456055	2,11978609	0,43 (c)	32,0674465 ** (d)	1,5605249 (e)
19 Ln y = a + b Ln(H)	43	-1,6881074	2,70039425	0,21 (c)	11,999491 **	1,832301
20 Ln y = a + b Ln(Área da copa)	43	1,91565426	1,09955338	0,28 (c)	17,3683202 **	1,7459993
21 Ln y = a + b Ln(DAP x H)	43	-1,8092302	1,34339623	0,38 (c)	26,2976934 **	1,6260451
22 Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	43	1,67421432	2,16521995	0,27 (c)	16,3780938 **	1,761001
23 Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	43	-1,3730208	0,83355579	0,40 (c)	29,0904413 ** (d)	1,593321 (e)
24 Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	43	7,86426136	0,46889523	0,41 (c)	30,6317982 ** (d)	1,5760854 (e)
25 Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	43	-1,6958234	0,86456682	0,41 (c)	29,8058373 ** (d)	1,5852514 (e)

Modelo y = a + b(x); Nº = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R²a; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 26 – Regressões selecionadas que apresentaram maior R²a, maior F e menor SEE. Biomassa de Raízes escora de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo	Nº	a	b	R ² a	F	SEE
1 y = a + b (DAP)	74	-40365,5444	7000,5219	0,75	215,71036	** 40148,077
2 y = a + b (H)	74	-52215,6396	9159,20178	0,36	41,584835	** 63897,2723
3 y = a + b (Área da copa)	74	-12080,1437	2733,18017	0,79	277,80899	** 36410,5309
4 y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-53967,8906	22694,2849	0,65	137,25848	** 47076,1527
6 y = a + b (DAP x H)	74	-21467,2278	389,437386	0,79	282,43122	** 36172,332
7 y = a + b (DAP ²)	74	-6306,91278	208,552186	0,88	520,90541	** 27967,2515
8 y = a + b (H ²)	74	-18934,0659	457,063608	0,42	53,685105	** 60743,6088
9 y = a + b (Área da copa)	74	18377,4358	23,5182714	0,71	179,55792	** 42936,1895
10 y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-12410,8674	2118,79676	0,79	278,79827	** 36359,1546
11 y = a + b (Área basal ²)	74	12919,9974	27224409,6	0,90 (c)	624,14255	** 25810,321
12 y = a + b (DAP ² x H)	74	-1649,67556	12,1349377	0,91 (c)	704,58701	** (d) 24436,9744 (e)
13 y = a + b (DAP x H) ²	74	2309,45658	0,68080966	0,90 (c)	654,54014	** (d) 25264,6152
14 y = a + b (DAP ² x H) ²	74	15645,5271	0,00053636	0,89	564,37253	** 26995,2146
15 y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	-2050,02427	11,4736376	0,91 (c)	699,18313	** (d) 24522,4431
17 y = a + b (Área basal ² x H)	74	14350,208	1550155,26	0,90 (c)	625,91725	** 25777,4842
18 Ln y = a + b Ln(DAP)	74	3,60424322	2,51170418	0,95 (c)	1415,349	** 0,55450994
19 Ln y = a + b Ln(H)	74	1,86987287	3,24919642	0,88	539,16501	** 0,86504069
20 Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	6,02828419	1,34015975	0,79	268,90782	** 1,15823663
21 Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	2,61168796	1,47209264	0,96 (c)	1618,5608	** (d) 0,5201162
22 Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	5,7029828	2,68205155	0,82	332,91002	** 1,06276321
23 Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	2,93973863	0,93420902	0,96 (c)	1799,2159	** (d) 0,49437196 (e)
24 Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	13,3623205	0,53717543	0,96 (c)	1724,0829	** (d) 0,50460621 (e)
25 Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	2,212817	1,016662	0,96	1794,50	** (d) 0,49499556 (e)

Modelo y = a + b(x); Nº = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R²a; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 27 – Regressões selecionadas que apresentaram maior R²a, maior F e menor SEE. Biomassa do compartimento Partes verdes de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo	Nº	a	b	R ² a	F	SEE
1 y = a + b (DAP)	74	-4092,10	897,33	0,78	254,562	** 4737,257
2 y = a + b (H)	74	-6046,26	1215,50	0,40	49,624	** 7762,470
3 y = a + b (Área da copa)	74	-531,138	353,499	0,84 (c)	379,864	** (d) 4027,229
4 y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-6346,08	3027,31	0,73	203,428	** 5158,293
6 y = a + b (DAP x H)	74	-1465,22	48,70	0,79	268,536	** 4639,047
7 y = a + b (DAP ²)	74	577,6377	25,4698	0,83 (c)	349,556	** 4169,484
8 y = a + b (H ²)	74	-1391,90	58,93	0,44	58,740	** 7486,970
9 y = a + b (Área da copa)	74	3563,128	2,899	0,68	157,537	** 5650,463
10 y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-581,717	274,331	0,84 (c)	386,825	** (d) 3996,559 (e)
11 y = a + b (Área basal ²)	74	3196	3087314	0,73	194,289	** 5246,057
12 y = a + b (DAP ² x H)	74	1255,742	1,453	0,82 (c)	334,775	** 4244,562
13 y = a + b (DAP x H) ²	74	1803,258	0,080	0,79	276,280	** 4587,180
14 y = a + b (DAP ² x H) ²	74	3574,100	0,000	0,69	161,062	** 5607,569
15 y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	1201,628	1,375	0,82 (c)	337,689	** 4229,438
17 y = a + b (Área basal ² x H)	74	3399,8	173620,6	0,71	177,929	** 5415,040
18 Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,020093	1,749435	0,94 (c)	1134,368	** (d) 0,431 (e)
19 Ln y = a + b Ln(H)	74	2,930978	2,208038	0,83 (c)	351,1081	** 0,7285
20 Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	5,660371	0,956003	0,82 (c)	322,7215	** 0,7542
21 Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,373152	1,014916	0,93 (c)	913,5327	** 0,4773
22 Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	5,440654	1,902844	0,84 (c)	386,4729	** 0,6998
23 Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	3,583838	0,646512	0,94 (c)	1088,744	** 0,440 (e)
24 Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	10,80519	0,37277	0,94 (c)	1159,572	** (d) 0,427 (e)
25 Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,078536	0,703914	0,94 (c)	1104,221	** (d) 0,437 (e)

Modelo y = a + b(x); N° = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R²a; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 28 – Regressões selecionadas que apresentaram maior R²a, maior F e menor SEE. Biomassa do compartimento Partes aéreas de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo	Nº	a	b	R ² a	F	SEE	
1 y = a + b (DAP)	74	-143564	25450	0,81	308,0	**	122143,3
2 y = a + b (H)	74	-184975	33139	0,38	46,4	**	218801,7
3 y = a + b (Área da copa)	74	-46128,8	10199,7	0,90 (c)	683,28	**	86640,13
4 y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-199247	83949	0,73	198,8	**	144682,5
6 y = a + b (DAP x H)	74	-72792,3	1403,5	0,84	397,2	**	109926,0
7 y = a + b (DAP ²)	74	-17449,3	748,6	0,93 (c)	901,76	**	76303,89
8 y = a + b (H ²)	74	-64039,2	1649,9	0,45	60,2	**	207106,5
9 y = a + b (Área da copa)	74	65150,65	89,96	0,85	422,0	**	107130,7
10 y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-47106,1	7897,3	0,90 (c)	671,19	**	87341,85
11 y = a + b (Área basal ²)	74	53724	95837677	0,91 (c)	717,67	**	84732,47
12 y = a + b (DAP ² x H)	74	31,53505	43,35828	0,95 (c)	1297,85	** (d)	64333,36 (e)
13 y = a + b (DAP x H) ²	74	14192,09	2,43	0,94 (c)	1139,85	** (d)	68398,87
14 y = a + b (DAP ² x H) ²	74	62814,13	0,00	0,91 (c)	711,51	**	85064,83
15 y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	-1440,98	41,01	0,95 (c)	1292,83	** (d)	64451,66
17 y = a + b (Área basal ² x H)	74	58617	5464423	0,91 (c)	742,19	**	83446,95
18 Ln y = a + b Ln(DAP)	74	5,360943	2,380682	0,99 (c)	5189,110	** (d)	0,274 (e)
19 Ln y = a + b Ln(H)	74	3,829565	3,027587	0,88	547,0744	**	0,8002
20 Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	7,633106	1,282180	0,83	359,1640	**	0,9588
21 Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	4,462170	1,385444	0,98 (c)	3257,368	**	0,345
22 Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	7,338880	2,551687	0,86	437,1717	**	0,8823
23 Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	4,756257	0,881523	0,99 (c)	5795,751	** (d)	0,260 (e)
24 Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	14,59908	0,50784	0,99 (c)	7007,320	** (d)	0,237 (e)
25 Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	4,065601	0,960047	0,99 (c)	6542,284	** (d)	0,245 (e)

Modelo y = a + b(x); Nº = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R²a; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 29 – Regressões selecionadas que apresentaram maior R²a, maior F e menor SEE. Biomassa do compartimento Copa 1 de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo	N ^o	a	b	R ² a	F	SEE
1 y = a + b (DAP)	74	-11346,8	2275,4	0,73	199,23	** 13578,61
2 y = a + b (H)	74	-15430,3	2999,1	0,36	41,21	** 21017,14
3 y = a + b (Área da copa)	74	-3110,86	935,12	0,86 (c)	450,114	** (d) 9786,732
4 y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-17499,4	7777,8	0,71	180,16	** 14082,57
6 y = a + b (DAP x H)	74	-4788,47	124,10	0,75	216,52	** 13165,45
7 y = a + b (DAP ²)	74	206,5637	65,7800	0,81	308,03	** 11471,19
8 y = a + b (H ²)	74	-4111,52	146,60	0,40	49,52	** 20285,86
9 y = a + b (Área da copa)	74	7230,790	8,119	0,79	269,08	** 12108,61
10 y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-3239,90	725,51	0,86 (c)	458,007	** (d) 9713,589 (e)
11 y = a + b (Área basal ²)	74	6692	8217093	0,75	224,84	** 12979,62
12 y = a + b (DAP ² x H)	74	1858,141	3,779	0,81	319,11	** 11307,68
13 y = a + b (DAP x H) ²	74	3183,110	0,211	0,80	285,66	** 11824,61
14 y = a + b (DAP ² x H) ²	74	7541,637	0,000	0,74	209,82	** 13320,93
15 y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	1723,276	3,575	0,81	320,34	** 11289,93
17 y = a + b (Área basal ² x H)	74	7153,0	466348,1	0,75	219,16	** 13105,62
18 Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,564397	1,855256	0,95 (c)	1411,040	** (d) 0,410 (e)
19 Ln y = a + b Ln(H)	74	3,394890	2,348321	0,84	390,9751	** 0,7342
20 Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	6,308155	1,011831	0,82	337,1237	** 0,7810
21 Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,872906	1,077578	0,94 (c)	1130,727	** 0,456
22 Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	6,072701	2,016414	0,85 (c)	413,3227	** 0,7171
23 Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	4,098509	0,686128	0,95 (c)	1382,231	** (d) 0,414 (e)
24 Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	11,76132	0,39548	0,95 (c)	1476,419	** (d) 0,401 (e)
25 Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,563281	0,746890	0,95 (c)	1394,81	** 0,412 (e)

Modelo y = a + b(x); N^o = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R²a; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 30 – Regressões selecionadas que apresentaram maior R²a, maior F e menor SEE. Biomassa do compartimento Copa 2 de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo		Nº	a	b	R ² a	F	SEE	
1	y = a + b (DAP)	74	-75489,8	12093,6	0,75	222,46	**	68296,01
2	y = a + b (H)	74	-85196,6	14797,2	0,31	34,3	**	113672,3
3	y = a + b (Área da copa)	74	-31271,1	4948,4	0,88	522,79	**	48053,91
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-102962	40126	0,69	162,06	**	76603,97
6	y = a + b (DAP x H)	74	-41739,8	666,2	0,78	266,60	**	63689,73
7	y = a + b (DAP ²)	74	-17600,0	364,2	0,90	(c) 683,75	**	42630,64
8	y = a + b (H ²)	74	-31479,9	738,8	0,37	43,5	**	109032,9
9	y = a + b (Área da copa)	74	22541,77	43,80	0,83	367,22	**	55920,57
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-31797,8	3833,3	0,88	519,86	**	48172,90
11	y = a + b (Área basal ²)	74	16002	47523276	0,92	(c) 856,44	**	38462,14
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	-9080,97	21,09	0,92	(c) 891,53	** (d)	37755,45 (e)
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	-2012,81	1,18	0,91	(c) 765,25	**	40502,73
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	20650,09	0,00	0,92	(c) 790,39	**	39907,95
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	-9794,65	19,94	0,92	(c) 888,34	** (d)	37818,12
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	18475	2707185	0,92	(c) 869,79	** (d)	38188,66
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,409862	2,346133	0,97	(c) 2412,159	** (d)	0,397 (e)
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	3,007066	2,934388	0,84	382,2576	**	0,9278
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	6,615029	1,279534	0,84	380,6573	**	0,9295
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,563838	1,356021	0,95	(c) 1370,821	**	0,521
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	6,322810	2,545241	0,86	465,1656	**	0,8532
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	3,837730	0,864994	0,96	(c) 1931,487	**	0,442
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	13,50362	0,49924	0,97	(c) 2301,404	** (d)	0,406 (e)
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,152501	0,943192	0,97	(c) 2161,623	** (d)	0,418 (e)

Modelo y = a + b(x); N^o = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R²a; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 31 – Regressões selecionadas que apresentaram maior R²a, maior F e menor SEE. Biomassa do compartimento Copa 3 de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo	Nº	a	b	R ² a	F	SEE	
1	y = a + b (DAP)	74	-90897,1	14574,8	0,76	233,66 **	80312,89
2	y = a + b (H)	74	-103862	17954	0,32	35,6 **	135357,5
3	y = a + b (Área da copa)	74	-37201,7	5943,9	0,88	545,97 **	56483,19
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-123516	48246	0,69	165,86 **	91042,33
6	y = a + b (DAP x H)	74	-50617,8	805,2	0,80	290,48 **	73749,91
7	y = a + b (DAP ²)	74	-21432,9	440,2	0,92 (c)	836,00 **	46597,17
8	y = a + b (H ²)	74	-38952,9	898,3	0,38	45,7 **	129440,0
9	y = a + b (Área da copa)	74	27506,07	52,55	0,84	373,46 **	66527,00
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-37871,1	4605,9	0,88	545,57 **	56501,17
11	y = a + b (Área basal ²)	74	18799	57771870	0,95 (c)	1359,19 **	37115,33 (e)
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	-11304,4	25,5	0,94 (c)	1235,08 **	38837,51 (d)
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	-2855,33	1,43	0,93 (c)	1048,26 **	41951,00
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	24438,66	0,00	0,94 (c)	1211,61 **	39190,85
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	-12159,5	24,1	0,94 (c)	1224,98 **	38988,34 (d)
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	21789	3291864	0,95 (c)	1407,12 **	36509,04
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,516360	2,382390	0,97 (c)	2461,897 **	0,399 (e)
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	3,058954	2,994988	0,85	410,0393 **	0,9143
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	6,762836	1,295916	0,83	369,8365 **	0,9550
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,644968	1,379862	0,95 (c)	1515,369 **	0,504
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	6,463757	2,580456	0,86	456,2891 **	0,8734
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	3,928024	0,879519	0,97 (c)	2121,124 **	0,429 (e)
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	13,75385	0,50734	0,97 (c)	2472,099 **	0,398 (e)
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,233228	0,958733	0,97 (c)	2351,132 **	0,408 (e)

Modelo y = a + b(x); Nº = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R²a; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 32 – Regressões selecionadas que apresentaram maior R²a, maior F e menor SEE. Biomassa do compartimento Partes lenhosas de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo		Nº	a	b	R ² a	F		SEE
1	y = a + b (DAP)	74	-179838	31553	0,81	315,2	**	149696,2
2	y = a + b (H)	74	-231144	41083	0,39	46,7	**	270320,1
3	y = a + b (Área da copa)	74	-57677,8	12579,4	0,90	641,6	**	110273,7
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-246868	103616	0,73	195,4	**	180125,6
6	y = a + b (DAP x H)	74	-92794,3	1744,2	0,85	422,2	**	132510,2
7	y = a + b (DAP ²)	74	-24333,9	931,7	0,94	1074,65	**	86990,69
8	y = a + b (H ²)	74	-81581,3	2048,1	0,45	60,9	**	255491,0
9	y = a + b (Área da copa)	74	79964,96	110,58	0,84	387,6	**	137401,4
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-58935,2	9741,7	0,90	633,3	**	110916,3
11	y = a + b (Área basal ²)	74	63447	119974773	0,93	965,33	**	91459,72
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	-2873,88	54,04	0,96	(c) 1805,28	** (d)	67986,45 (e)
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	14698,29	3,03	0,95	(c) 1545,45	**	73243,98
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	74885,55	0,00	0,93	941,99	**	92506,20
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	-4692,63	51,10	0,96	(c) 1788,22	** (d)	68297,48
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	69567	6840958	0,93	1010,44	**	89533,58
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	5,326837	2,465755	0,99	(c) 4867,384	**	0,294 (e)
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	3,709117	3,150423	0,89	589,5521	**	0,8021
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	7,686512	1,325035	0,83	347,9423	**	1,0067
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	4,384143	1,437723	0,98	(c) 3771,613	**	0,333
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	7,378446	2,640350	0,85	428,6343	**	0,9220
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	4,693475	0,914135	0,99	(c) 6619,191	** (d)	0,252 (e)
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	14,89817	0,52636	0,99	(c) 7365,104	** (d)	0,239 (e)
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,980390	0,995088	0,99	(c) 6904,846	** (d)	0,247 (e)

Modelo y = a + b(x); Nº = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R²a; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 33 – Regressões selecionadas que apresentaram maior R²a, maior F e menor SEE. Biomassa do compartimento Galho principal + Tronco de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

Modelo	Nº	a	b	R ² a	F	SEE			
1	y = a + b (DAP)	74	-68074,5	13356,5	0,80	290,89	**	65962,57	
2	y = a + b (H)	74	-99778,3	18341,6	0,42	54,6	**	111685,4	
3	y = a + b (Área da copa)	74	-14857,7	5251,3	0,86	(c) 446,18	**	55201,01	
4	y = a + b (Diâmetro médio da copa)	74	-96284,2	43822,5	0,71	183,63	**	78592,74	
6	y = a + b (DAP x H)	74	-31052,6	737,3	0,84	374,73	**	59451,67	
7	y = a + b (DAP ²)	74	150,6769	384,4355	0,88	(c) 512,44	**	51977,59	
8	y = a + b (H ²)	74	-32559,3	911,1	0,49	71,6	**	104868,0	
9	y = a + b (Área da copa)	74	42608,88	46,16	0,80	301,90	**	64983,91	
10	y = a + b (Diâmetro médio da copa) ²	74	-15308,3	4063,9	0,86	(c) 437,70	**	55658,32	
11	y = a + b (Área basal ²)	74	37722	48314401	0,83	349,90	**	61176,14	
12	y = a + b (DAP ² x H)	74	9112,506	22,269	0,90	(c) 629,50	**	(d) 47442,98	(e)
13	y = a + b (DAP x H) ²	74	16204,90	1,25	0,89	(c) 614,28	**	47966,09	
14	y = a + b (DAP ² x H) ²	74	42164,03	0,00	0,83	359,94	**	60460,66	
15	y = a + b (DAP ² + H + DAP ² x H)	74	8353,670	21,061	0,90	(c) 628,62	**	(d) 47472,73	
17	y = a + b (Área basal ² x H)	74	40141	2757238	0,83	360,02	**	60455,03	
18	Ln y = a + b Ln(DAP)	74	4,852192	2,387289	0,98	(c) 2972,973	**	0,364	
19	Ln y = a + b Ln(H)	74	3,249247	3,067170	0,89	(c) 599,8526	**	0,7742	
20	Ln y = a + b Ln(Área da copa)	74	7,147239	1,277962	0,81	316,4612	**	1,0181	
21	Ln y = a + b Ln(DAP x H)	74	3,925794	1,395187	0,98	(c) 3022,641	**	0,361	
22	Ln y = a + b Ln(Diâmetro médio da copa)	74	6,853862	2,543392	0,84	377,2677	**	0,9467	
23	Ln y = a + b Ln(DAP ² x H)	74	4,230779	0,886335	0,98	(c) 4161,717	**	(d) 0,308	(e)
24	Ln y = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	14,12250	0,51004	0,98	(c) 4126,275	**	(d) 0,310	(e)
25	Ln y = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	3,540632	0,964635	0,98	(c) 4173,92	**	(d) 0,30895	(e)

Modelo y = a + b(x); Nº = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; a e b = Parâmetros da regressão; Estatística F; SEE = Erro Padrão da Estimativa; ** Regressão significativa (0,01); (c) Maior R²a; (d) Maior valor de F; (e) Menor SEE

TABELA 34 – Regressões selecionadas após aplicação dos testes de Kolmogorov-Smirnov e teste do Qui-quadrado para estimativa de biomassa de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

BIOMASSA	Nº	R ² a	F	SEE
Total				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP)	74	0,99	5039,404	0,281
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	74	0,99	6332,747	0,251
Ln(biomassa) = a + b Ln(área basal ² x H)	74	0,99	7313,432	0,234
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	0,99	6968,713	0,240
Tronco				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP x H)	74	0,97	2474,311	0,394
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	74	0,98	3179,580	0,349
Ln(biomassa) = a + b Ln(área basal ² x H)	74	0,98	3148,794	0,350
Galho Principal				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP)	60	0,85	326,9456	0,785
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	60	0,85	334,2361	0,777
Ln(biomassa) = a + b Ln(área basal ² x H)	60	0,85	339,9329	0,772
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² + H+ DAP ² x H)	60	0,85	342,9470	0,769
Galhos				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP)	64	0,92	746,0843	0,547
Ln(biomassa) = a + b Ln(área basal ² x H)	64	0,92	695,1133	0,565
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² + H+ DAP ² x H)	64	0,91	647,0867	0,584
Ramos				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP)	74	0,95	1259,326	0,461
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	74	0,95	1286,755	0,457
Ln(biomassa) = a + b Ln(área basal ² x H)	74	0,95	1343,560	0,447

Modelo $y = a + b(x)$; nº = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; F = Variância F da regressão; SEE= Erro Padrão da Estimativa

Continua...

Continuação...

BIOMASSA	Nº	R²a	F	SEE
Folhas				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP)	74	0,94	1165,037	0,418
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	74	0,94	1126,780	0,425
Ln(biomassa) = a + b Ln(área basal ² x H)	74	0,94	1197,919	0,413
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² + H+ DAP ² x H)	74	0,94	1130,823	0,424
Partes Reprodutivas				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP)	43	0,43	32,06744	1,560
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	43	0,40	29,09044	1,593
Ln(biomassa) = a + b Ln(área basal ² x H)	43	0,41	30,63179	1,576
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² + H+ DAP ² x H)	43	0,41	29,80583	1,585
Raízes escora				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP)	74	0,95	1415,349	0,555
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	74	0,96	1799,216	0,494
Ln(biomassa) = a + b Ln(área basal ² x H)	74	0,96	1724,083	0,505
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² + H+ DAP ² x H)	74	0,96	1794,504	0,495

Modelo $y = a + b(x)$; nº = número amostral; R²a = Coeficiente de determinação ajustado; F = Variância F da regressão; SEE= Erro Padrão da Estimativa

TABELA 35 – Regressões selecionadas após aplicação dos testes de Kolmogorov-Smirnov e teste do Qui-quadrado para estimativa de biomassa de combinações de compartimento de *Rhizophora mangle* L., estuário do rio São Francisco

BIOMASSA	Nº	R²a	F	SEE
Partes aéreas				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP)	74	0,99	5189,110	0,274
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	74	0,99	5795,751	0,260
Ln(biomassa) = a + b Ln(área basal ² x H)	74	0,99	7007,320	0,237
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	0,99	6542,284	0,245
Partes verdes				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP)	74	0,94	1134,368	0,431
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	74	0,94	1088,744	0,440
Ln(biomassa) = a + b Ln(área basal ² x H)	74	0,94	1159,572	0,427
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	0,94	1104,221	0,437
Copa 1				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP)	74	0,95	1411,040	0,410
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	74	0,95	1382,231	0,414
Ln(biomassa) = a + b Ln(Área basal ² x H)	74	0,95	1476,419	0,401
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	0,95	1394,806	0,412
Copa 2				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP)	74	0,97	2412,159	0,397
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	74	0,97	2301,404	0,406
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	0,97	2161,623	0,418

Modelo $y = a + b(x)$; n° = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; F = variância F da regressão; SEE= erro padrão da estimativa

Continua...

Continuação...

BIOMASSA	Nº	R²a	F	SEE
Copa 3				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP)	74	0,97	2461,897	0,399
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	74	0,97	2121,124	0,429
Ln(biomassa) = a + b Ln(área basal ² x H)	74	0,97	2472,099	0,398
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	0,97	2351,132	0,408
Partes lenhosas				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP)	74	0,98	4867,384	0,294
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	74	0,99	6619,191	0,252
Ln(biomassa) = a + b Ln(área basal ² x H)	74	0,99	7365,104	0,239
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	0,99	6904,846	0,247
Galho principal + Tronco				
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² x H)	74	0,98	4161,717	0,308
Ln(biomassa) = a + b Ln(área basal ² x H)	74	0,98	4126,275	0,310
Ln(biomassa) = a + b Ln(DAP ² + H + DAP ² x H)	74	0,98	4173,921	0,308

Modelo $y = a + b(x)$; nº = número amostral; R²a = coeficiente de determinação ajustado; F = variância F da regressão; SEE= erro padrão da estimativa