



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**RICARDO DE CASTRO SOUZA JUNIOR**

**ANALISE DO ESTOQUE DE CARBONO EM ESPECIES ARBOREAS NATIVAS DA MATA  
ATLÂNTICA**

Prof. Dr. JERÔNIMO BOELSUMS BARRETO SANSEVERO  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
DEZEMBRO – 2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**RICARDO DE CASTRO SOUZA JUNIOR**

**ANALISE DO ESTOQUE DE CARBONO EM ESPECIES ARBOREAS NATIVAS DA  
MATA ATLÂNTICA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. JERÔNIMO BOELSUMS BARRETO SANSEVERO  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
DEZEMBRO– 2017

**ANALISE DO ESTOQUE DE CARBONO EM ESPÉCIES ARBOREAS NATIVAS DA MATA  
ATLÂNTICA**

**RICARDO DE CASTRO SOUZA JUNIOR**

Monografia aprovada em 1º de dezembro de 2017.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. JERÔNIMO BOELSUMS BARRETO SANSEVERO – UFRRJ  
Orientador

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> MARCIA DE FATIMA INÁCIO – JBRJ  
Membro

---

Prof.<sup>a</sup> Msc. ADRIANA DOS REIS MONTEIRO – UFRRJ  
Membro

## DEDICATÓRIA

A Deus, aos meus pais,  
meus grandes incentivadores, dedico.

*“O futuro dependerá daquilo que fizermos no presente”.*

**Mahatma Gandhi**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por sua misericórdia que me cerca a cada dia. Por não desistir de mim e pela capacitação e força ao longo desses anos. Sem esse Deus eu nada seria.

Aos meus pais, Elza e Ricardo, que nunca mediram esforços e em vários momentos se abdicaram de seus ideais para que hoje pudesse ter uma formação de qualidade, depositando em mim força e amor. Obrigado por tudo!

A minha vó Virginia, que sempre orou por mim, pedindo a Deus que me dessa capacidade para vencer as adversidades da vida. Sou honrado em tê-la.

A minha namorada Priscila Rodrigues, por sua compreensão nas ausências necessárias para a produção deste trabalho, como também pela grande ajuda na hora do sufoco com a tecnologia. Te amo!

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, minha gratidão por todo aprendizado e por me formar um cidadão crítico buscando o melhor para os meus e toda sociedade, valorizando-a.

Ao meu orientador Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Jeronimo Sansevero, pelos ensinamentos desde a disciplina de Conservação dos Recursos Naturais, e por este momento da monografia, por sua paciência e disposição sempre em me atender, fica aqui o meu muito obrigado. Tenho aprendido muito com você!

Ao Jardim Botânico do Rio de Janeiro em parceria com a Marinha do Brasil, que através dessa união pude contemplar mais da Engenharia Florestal e conseguir meios para que este trabalho pudesse acontecer.

A minha orientadora do JBRJ, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marcia Inácio, por acreditar na nossa capacidade e nos permitir trabalhar e aplicar nossos conhecimentos. Você tem sido inspiração para o prosseguimento desta caminhada e na produção deste trabalho. Você é uma referência de pessoa e profissional. Obrigado por tudo!

A prof<sup>a</sup> Msc. Adriana dos Reis Monteiro por suas contribuições nas aulas ministradas, nos mostrando que é possível mudar o nosso planeta de forma consciente e conscientizando as pessoas. Por sua participação na banca avaliadora deste trabalho. Obrigado!

Ao amigo Marco Antônio Epifânio, Gestor Ambiental, do Programa de Adequação Ecológica da Marinha, por sua disponibilidade e preocupação, sem medir esforços, para que todos nossos trabalhos pudessem acontecer.

Aos amigos do estágio: Luiz Fernando Corecha, Thuany Araújo e em especial a amiga Suellen Feitosa, pela ajuda desde a primeira mensuração e coleta do material, como também as tabulações dos dados e os grandes “estresses” para produções de outros trabalhos, que por fim, puderam gerar este. O meu muito obrigado!

Aos amigos Ruralinos, pela caminhada durante esses anos. Com vocês, podem acreditar, foi muito mais leve. Que a vida profissional de vocês seja abençoada a cada instante!

A todos aqueles, que direta e indiretamente torceram para condução deste trabalho. Obrigado a todos por cada palavra de incentivo.

A você, que em algum momento utilizará este trabalho para consulta, que possa ser um instrumento de aprendizado e valoração do bem mais precioso que temos, a natureza.

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi analisar o estoque de carbono em quatro espécies de árvores nativas da Mata Atlântica, cultivadas no Programa de Adequação Ecológica da Marinha do Brasil em parceria com o Jardim Botânico do Rio de Janeiro. O trabalho foi realizado em duas áreas do complexo, chamado area Alfa (6 anos) e Delta (5 anos). O estoque de carbono foi estimado com base na equação alométrica, utilizando o diâmetro, a altura e a densidade da madeira da planta. As espécies selecionadas são as mais representativas ao longo do plantio. Um total de 267 plantas foram analisadas. Nossos resultados demonstraram que *Caesalpinia ferrea* (Fabaceae) apresenta o maior ganho de biomassa 8,75Kg, quando comparado às espécies: *Schinus terebinthifolia* (Anacardiaceae) 2,16Kg, *Handroanthus chrysotrichus* (Bignoniaceae) 2,63Kg e *Pterygota brasiliensis* (Malvaceae) 3,25Kg. O resultado para *Caesalpinia ferrea* (Fabaceae) foi surpreendente, considerando a taxa de crescimento lento e a alta densidade de madeira relatada para esta espécie na literatura. Portanto, esse achado pode ser observado devido ao tipo de sitio, solo e interações com espécies vizinhas. Nossos resultados destacam que mesmo em um curto prazo (5-6 anos), os projetos de restauração podem contribuir para o seqüestro de carbono. No entanto, a variação observada entre as espécies indica que a seleção de espécies para projetos de restauração tem implicações práticas significativas.

**Palavras-chave:** Restauração ecológica, estoque de carbono, alteração climática.

## ABSTRACT

The goal of the present study was to analyze the carbon stock in four native tree species of Atlantic forest, cultivated in the Program of Ecological Adequacy of the Brazilian Navy in partnership with the Botanical Garden of Rio de Janeiro. The work was carried out in two areas of the complex, called Alfa Area (6 years) and Delta (5 years). Carbon stock was estimated based on allometric equation using plant diameter, height and wood density. The selected species are the most representative throughout the planting. A total of 267 plants were analyzed. Our results demonstrated that *Caesalpinia ferrea* (Fabaceae) present the highest biomass gain 8,75Kg compared with others species: *Schinus terebinthifolia* 2,16Kg, *Handroanthus chrysotrichus* (Bignoniaceae) 2,63Kg, e *(Pterygota brasiliensis* (Malvaceae) 3,25Kg. It was surprising obtain this result *Caesalpinia ferrea* (Fabaceae) considering the slow growth rate and high wood density reported for this species in the literature. Therefore, this finding can be given due to the type of site, soil and interactions with neighboring species. Our results highlight that even in a short term (5-6 years), restoration projects can contribute to carbon sequestration. However, variation observed between species indicate that species selection for restoration projects have significant practical implications.

**Keywords:** Ecological restoration, carbon stock, climate change

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	2
2.1 Mudanças Climáticas e a Restauração Florestal.....	2
2.2 Sumidouros de Carbono.....	3
2.3 Estimativa de sequestro de carbono em florestas.....	4
2.4 Estimativa de biomassa e estoque de carbono.....	4
2.5 Restauração ecológica: sumidouro de carbono .....	5
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	6
3.1 Localização e histórico da área.....	6
3.2 Clima.....	6
3.3 Vegetação e Solo.....	6
3.4 Plantios de espécies arbóreas.....	7
3.5 Espécies arbóreas selecionadas para o estudo .....	7
3.6 Quantificação da biomassa .....	18
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	10
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	14
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	15

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Análise de variância (ANOVA) para o diâmetro a altura do peito (DAP) das espécies arbóreas nativas estudadas no Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil, Rio de Janeiro.....	<b>Pag.</b> 10
<b>Tabela 2:</b> Análise de variância (ANOVA) para a altura das espécies arbóreas nativas estudadas no Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil, Rio de Janeiro.....	10
<b>Tabela 3:</b> Análise de variância (ANOVA) para a biomassa das espécies arbóreas nativas estudadas no Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil, Rio de Janeiro.....	10

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
<b>Figura 1:</b> Imagem da área representativa para o estudo no complexo Naval Guandu do Sapê- Marinha do Brasil, Rio de Janeiro.....	7
<b>Figura 2:</b> Amostras dos galhos separadas para análise da densidade da madeira.....	9
<b>Figura 3:</b> Comparação das medidas de diâmetro altura do peito entre as espécies no Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil, Rio de Janeiro. Barras em azul escuro representam área Alfa (6anos) e azul claro área Delta (5 anos). Barras seguida da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.....	11
<b>Figura 4:</b> Comparação das medidas de altura entre as espécies no Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil, Rio de Janeiro. Barras em verde escuro representam área alfa (6anos) e verde claro área delta (5 anos). Barras seguida da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.....	12
<b>Figura 5:</b> Comparação das medidas de biomassa entre as espécies no Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil, Rio de Janeiro. Barras em marrom claro representam área alfa (6anos) e marrom escuro área delta (5 anos). Barras seguida da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.....	13

## 1- INTRODUÇÃO

Atualmente o contexto sobre o sequestro de carbono da atmosfera tem ganhado força (LISBOA,2010). Propostas para que ocorra controle das emissões desses gases vem sendo debatidas em escala local e global, através de acordos e metas internacionais. Ao analisar o aumento da concentração do CO<sub>2</sub> na atmosfera é possível perceber o papel do homem nesse processo. A primeira mudança significativa ocorreu em meados do século XVIII com a revolução industrial e, conseqüentemente, o surgimento de industriais e a necessidade do uso combustíveis fósseis para seu funcionamento.

Programas de restauração florestal tem sido indicado como ferramentas eficientes para a redução do CO<sub>2</sub>. O setor produtivo, que contribui para maior parte das emissões, tem mostrado seu interesse para que as florestas possam compensar ou neutralizar as emissões. Desta forma, projetos de restauração florestal tem sido apontado como importantes sumidouros de carbono (PINTO, 2013). Inúmeras pesquisas indicam o potencial das diversas espécies de árvores na remoção do CO<sub>2</sub> transformando-os quantitativamente em biomassa (VIEIRA, et al.2008). Entretanto, os mecanismos de compensação através de projetos de restauração devem ser vistos com atenção redobrada. Deve haver um balanceamento entre os dois fatores (reflorestamento e indústria), pois da mesma forma que se preocupar em restaurar locais para compensar o que é gerado pelas indústrias, também é importante salientar que diminuindo o impacto causado pelas mesmas com suas emissões reduzirá a presença do CO<sub>2</sub> na atmosfera.

Alguns programas de restauração florestal têm voltado sua atenção ao uso de espécies nativas, pois elas estariam adaptadas às condições climáticas da região e também do solo (LISBOA, 2010). Entretanto, a contribuição das espécies nativas para o sequestro de carbono apresenta uma ampla variação (SHIMAMOTTO et al.2014). Essa variação ocorre em função das diferenças no crescimento e atributos funcionais das espécies, como por exemplo, a densidade da madeira. Desta forma, a escolha das espécies pode influenciar significativamente o sequestro de carbono em projetos de restauração ecológica.

Neste contexto, o Jardim Botânico do Rio de Janeiro em conjunto com a Marinha do Brasil, tem realizado ações no Programa de Adequação e Restauração Ecológica no Complexo Naval Guandu do Sapê, situado no bairro de Campo Grande, município do Rio de Janeiro. O programa vem realizando o plantio de espécies florestais nativas com objetivo de recuperar áreas degradadas. O objetivo geral do presente estudo foi analisar o estoque de carbono acima do solo em quatro espécies arbóreas nativas: Aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi) – Anacardiaceae, Ipê amarelo (*Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.Mattos)- Bignoniaceae, Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* C. Mart.)-Fabaceae e Pau-rei (*Pterygota brasiliensis* Allemão)- Malvaceae, em uma área de restauração florestal com idades de 5 e 6 anos.

## 2- REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1- Mudanças Climáticas e a Restauração Florestal

Atividades antrópicas tem sido instrumentos de intensificação para o aumento da concentração de gases do efeito estufa (JACOVINE et al.2015). Dentre essas atividades podemos destacar a queima de combustível fóssil, desmatamento e incêndios provocados pelo homem (CENAMO,2004).

O reflorestamento pode desempenhar papéis significativos que são frequentemente ignorados, para ajudar a sociedade e os ecossistemas a se adapta às variabilidades e mudanças do clima. Áreas restauradas podem contribuir com a recuperação dos ciclos hidrológicos nas bacias hidrográficas, protegendo as áreas costeiras e fornecendo habitat para reduzir a probabilidade de extinção de outras espécies devido as ações do efeito do clima. Conseqüentemente, o reflorestamento deve ser gerenciado com adaptação e objetivos de mitigação, maximizando as sinergias entre esses diversos papeis, evitando situações em que a realização de um objetivo seja prejudicial para outro (LOCATELLI et al. 2015). A gestão do aumento da cobertura florestal deve incorporar medidas para redução dos impactos diretos e indiretos ocasionados pela mudança climática. Desta forma, a restauração florestal passa a ser uma tentativa de solucionar problemas que vem se desencadeando ao longo dos anos por ações em que o homem é o principal ator.

Restaurar um ambiente está ligado a ações de importância para conservação da biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos, como por exemplo, sequestro e estoque de carbono nos ecossistemas restaurados, mostrando que o aumento deste sequestro e fixação do carbono na atmosfera é ocasionado pelo plantio de arvores. Com isso, a área restaurada funciona como um sumidouro de carbono e, conseqüentemente, colaborando como uma técnica de inclusão para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que atua entre órgãos nos países desenvolvidos (JACOVINE et al.2015).

Um histórico realizado por CENAMO (2004) mostra que desde o período da revolução industrial e ao longo das últimas décadas vem ocorrendo um aumento significativo nas concentrações dos chamados Gases de Efeito Estufa (GEEs) na atmosfera, fato atribuído principalmente às ações antrópicas ou induzidas por atividades humanas. O grande aumento dessas atividades se deu principalmente pela expansão das atividades no setor industrial, agrícola e de transportes, que demandou grande consumo de energia, proveniente da queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural), além do desmatamento de novas áreas para ocupação e uso da terra com outras atividades.

Entre os diversos GEE o dióxido de carbono é o que merece mais atenção, pois estudos retratam que suas emissões correspondem em aproximadamente, 77% do total de emissões desses gases na atmosfera, dados estes apresentados pelo IPCC no ano de 2007. Nos últimos anos, as mudanças do clima tem sido um dos mais graves problemas ambientais enfrentados, podendo ser considerada uma das mais sérias ameaças na sustentabilidade do meio ambiente, à saúde e ao bem-estar humano e à economia global (LISBOA, 2010 *apud* LOPES 2012).

Extremos do clima como secas, inundações e fenômenos de furacões, são fatores provenientes desse efeito. Esses eventos climáticos extremos podem afetar em um alto grau negativo muitos sistemas naturais, causando prejuízos sociais, variando amplamente em função do local e da escala. Esses prejuízos podem ser ainda maiores em comunidades carentes assentadas em áreas consideradas de risco (LELES et al.2015). A principal consequência prevista devido ao aumento na concentração desses gases é o aumento da temperatura global. Estudos realizados por SCARPINELLA (2002) mostram que a temperatura média da superfície

terrestre possa ter sofrido ao longo dos anos um acréscimo de 0,6°C e alguns estudiosos preveem um aumento da temperatura de 5,8°C para os próximos 100 anos

Desta forma, ao analisar os efeitos causados pelos GEE, dentre eles o dióxido de carbono na atmosfera, podemos fazer uma ligação da importância da restauração florestal, funcionando como grande potencial de reduzir mudanças climáticas pela fixação de carbono e geração de créditos, refletindo benefícios para comunidades e sociedade em seu entorno como um todo aumentando sua participação em projetos florestais de remoção do CO<sub>2</sub>.

## **2.2- Sumidouros de Carbono.**

Sumidouro de carbono é algo que absorve mais carbono do que emite, enquanto uma fonte de carbono é algo que emite mais carbono do que absorve. Assim, vemos que florestas, solos, oceanos e a atmosfera armazenam carbono e este carbono se movimenta entre estes meios através de um ciclo contínuo (FERN- Organização não governamental para Monitoramento de Florestas, 2007). O movimento contínuo de carbono significa que florestas agem como fontes ou sumidouros em diferentes momentos.

Espécies florestais arbóreas oferecem grande potencial, em curto prazo, para a remoção de CO<sub>2</sub> da atmosfera. Segundo (LELES, et al. 2015), ao contrário de plantas de ciclo de vida curto que morrem e se decompõem rapidamente, as espécies florestais têm ciclo de vida mais longo, em consequência acumulando mais carbono em sua biomassa.

No contexto das mudanças climáticas, os armazenamentos de carbono mais importantes são os depósitos de combustíveis fósseis, porque são localizados nas camadas mais interiores da terra, separados naturalmente do ciclo de carbono na atmosfera. Esta separação termina quando o homem queima carvão, gás natural e petróleo, transformando carbono fóssil em carbono atmosférico (JACOVINE et al.2015).

A emissão de carbono proveniente de combustível fóssil causou um aumento drástico nas concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera. Como resultado, a concentração destes gases na atmosfera é 30% maior do que no início da revolução industrial. Segundo dados da FERN (2007), adicionamos aproximadamente seis bilhões de toneladas de carbono por ano ao ciclo de carbono atmosférico, alterando de forma significativa a teia intrínseca de fluxo de carbono, e como consequência, alterando o clima global.

Devido a este aumento de carbono na atmosfera, muita ênfase tem sido colocada nas árvores e no solo como sumidouros temporários do carbono emitido para a atmosfera devido a queima de combustíveis fósseis. O Protocolo de Quioto funciona como a principal ferramenta da comunidade internacional para frear o aquecimento global, sugerindo que a absorção de dióxido de carbono pelas árvores e pelo solo se torna uma estratégia tão válida quanto à de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> da queima de combustíveis fósseis (CENAMO,2014).

No entanto, é importante salientar que medidas mais efetivas para redução da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera devem considerar as duas estratégias de maneira integrada. Análises da FERN (2007) indicam incertezas quanto os sumidouros de carbono, discordando com a suposição de que plantar árvores ou reduzir desmatamento seja tão efetivo como reduzir emissões de CO<sub>2</sub> da queima de combustíveis fósseis. Desta forma, o avanço da pesquisa nessa área é fundamental para o planejamento e execução de atividades com objetivo de reduzir a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

### **2.3- Estimativa de sequestro de carbono em florestas**

A biomassa é resultado do balanço entre a produção bruta primária e a respiração das plantas, sendo um importante indicador da dinâmica do carbono no planeta. SHYMAMOTO (2014), aborda que as emissões de carbono global se tornam uma importante observação do sequestro de carbono da atmosfera retratando os ecossistemas locais com suas funcionalidades para reservas de carbono, concentrando geralmente em plantas, em especial as árvores.

Fatores abióticos (clima, características do solo e topografia) e aspectos associados a idade da planta, competição e características das espécies (densidade da madeira) possuem forte influência no acúmulo de biomassa no ecossistema. Características como estas são bastante significativas para as diferentes espécies e distintos grupos ecológicos (pioneira, secundária e clímax). Os diferentes padrões de crescimento entre os grupos ecológicos mostram uma variação no acúmulo de biomassa, e também o controle do balanço do carbono nos ecossistemas (SHIMAMOTO et al. 2014).

O atual cenário do aumento de projetos de restauração ecológica tem sido visto como um momento de grandes desafios e oportunidades. Uma das metas globais mais ambiciosas de restauração, o Desafio de Bonn, pretende restaurar 150 milhões de hectares de áreas degradadas até o ano de 2020. Portanto, considerando a importância das florestas para o sequestro de carbono e a provisão de outros serviços ecossistêmicos, é fundamental criar mecanismos e incentivos para o estabelecimento de projetos de restauração ecológica.

O plantio de espécies arbóreas é uma das técnicas mais utilizadas em projetos de restauração ecológica no Brasil (RODRIGUES et al. 2009). Os plantios podem apresentar diferenças na riqueza de espécies, composição florística e densidade de plantas e grupos ecológicos (SOUZA & BATISTA, 2004). Alguns projetos priorizam o uso de espécies arbóreas de rápido crescimento (pioneiras) para favorecer a cobertura da área a curto prazo, em relação as espécies de lento crescimento (clímax) (SOUZA & BATISTA, 2004). Assim, a escolha das espécies é um componente fundamental do potencial de sequestro de carbono do projeto de restauração (SHIMAMOTO, 2014).

Portanto, entender a variação da estimativa de biomassa em diferentes espécies é fundamental para o desenvolvimento de novos modelos de restauração ecológica, fortalecimento das estratégias para mitigação das emissões do CO<sub>2</sub>, auxiliando na tomada de decisão e elaboração de políticas públicas.

### **2.4- Estimativa de biomassa e estoque de carbono**

Em ecossistemas florestais a maior parte da biomassa viva acima do solo está concentrada nas árvores. A quantificação da biomassa pode ser obtida através do método direto, aquele obtido pelo método destrutivo, quanto pelo método indireto, aquele obtido especificamente pelas medidas do Diâmetro a altura do Peito (DAP) altura total da árvore e densidade da madeira da espécie. Na quantificação da biomassa por métodos indiretos, a aferição é feita por modelos alométricos. A utilização desses modelos pode ser específica para um determinado local, ecossistemas particulares e/ou espécies para estimar a biomassa em diferentes locais. VIEIRA, et al. (2008) mostra que, para selecionar um método ou um outro modelo alométrico estimando a biomassa viva sob o solo, é necessário levar em conta as questões como a facilidade da obtenção das medidas das variáveis independentes.

A utilização dos modelos que apresentem estimativas mais precisas, pode ser utilizada quando a proposta for monitorar a variação do estoque de carbono ao longo do tempo, observações essas, que relacionam a interação do DAP, altura total e densidade da madeira da árvore para obtenção dos resultados em biomassa. Nos modelos alométricos a biomassa das árvores tem a função para determinar o volume de madeira, juntamente de sua arquitetura e densidade sendo influenciados também pela idade da árvore, como estão dispostas e sua topografia e textura do solo (HULTINE et al. 2005).

## **2.5- Restauração ecológica: sumidouro de carbono**

Analisando a restauração florestal sobre o olhar das mudanças climáticas e do mercado de crédito de carbono, a geração de renda pelo crédito de carbono, pode ser visto também como um benefício.

A biomassa da vegetação pode ser quantificada pelos métodos diretos e indiretos. O método direto se refere a forma destrutiva, como a derrubada, pesagem das partes coletadas. Esse método é considerado o mais preciso para a quantificação da biomassa da vegetação (JACOVINE et al. 2015). No método indireto, a biomassa é estimada a partir de medidas de variáveis como diâmetro a altura do peito (DAP), altura, densidade da madeira, entre outros que posteriormente são inseridas em equações volumétricas (VIEIRA et al. 2008) para estimar a biomassa da árvore.

As equações consistem em modelos estatísticos elaborados a partir de dados coletados pelo método direto de quantificação da biomassa. Medidas de precisão e gráficos de comportamento de resíduos são utilizados para selecionar as melhores equações. Com a quantificação da biomassa, determina-se o estoque de carbono nele fixado.

A medida que a idade da floresta aumenta avalia-se a diferença no acúmulo de biomassa entre os povoamentos florestais. Florestas com maiores idades acumulam uma maior quantidade de biomassa em relação as de menores idades, essa relação tanto está ligada a estagnação do crescimento da árvore, como também os fatores de padrão de alocação de biomassa, verificando o incremento de biomassa lenhosa (no tronco e galhos).

Estudos apontados por PINTO (2013), mostram que plantios de espécies arbóreas tem sido indicado como uma ferramenta eficiente de compensação ou neutralização de carbono na atmosfera, reforçando a necessidade da conservação dos remanescentes florestais, como a promoção da recuperação das áreas degradadas com objetivo de restaurar a biodiversidade e prover serviços ecossistêmicos.

Sendo assim, iniciativas de restauração ecológica podem contribuir para o aumento do estoque de carbono, assim como favorecer proprietários rurais a restaurar suas áreas a partir de mecanismos de compra de crédito de carbono ou organizações que queiram neutralizar suas emissões, gerando oportunidade e renda.

### 3- MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1- Localização e histórico da área

O Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil está localizado no Maciço Gericinó–Mendanha. Desde 2011 o local abriga Projetos de Restauração Florestal junto com o Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

A área total plantada, mostra que nas duas áreas, Alfa e Delta, possuem juntas, 1,26 hectares de área plantada (Figura 1). Durante o plantio, na área Alfa foram plantadas 39 espécies e Delta 29 espécies, todas catalogadas e identificadas (BASTOS, 2011). As espécies utilizadas para o início do projeto são provenientes de doações do JBRJ, Jardim Botânico da UFRRJ e CEDAE. Atualmente, algumas mudas vêm sendo produzidas na própria área, como também, a continuidade de doações e parcerias com os órgãos citados acima.

A área estudada compõe a parcela inicial do projeto de recuperação de áreas do Complexo Naval do Guandu do Sapê (CNGS). Este Complexo Naval situa-se no limite Sudoeste do conjunto de elevações denominado Serra do Mendanha, ou Serra de Madureira, ou ainda Complexo Gericinó-Mendanha.

O nome do Complexo Naval Guandu do Sapê se refere ao Rio Guandu do Sapê, que nasce no Maciço de Gericinó-Mendanha, na vertente do Pico do Mendanha/Rampa Guandu do Sapê (BASTOS, 2011 *apud* MOTOKI *et al.*, 2008), corta a área do Complexo no sentido Noroeste-Leste e deságua, a cerca de 1.400 metros da nascente, no Rio da Prata do Mendanha, no interior do Complexo.

O histórico do uso da área é remetido aos meados do século XVIII, segundo dados obtidos por (BASTOS, 2011), relata a importância dessa região situado no bairro de Campo Grande, no Rio de Janeiro, para horticultura cítrica. O plantio de frutíferas, em especial a laranja, foi um marco na região, que durante este século era rodeada pela época do café. Os anos foram se passando, a cidade crescendo e se difundindo, a produção de laranja foi diminuindo com o avanço de tecnologias e surgimento de indústrias.

#### 3.2- Clima

O clima, segundo a classificação de Köppen (1884), é do tipo Aw- tropical. Dados do Centro de Previsão do Tempo e estudos Climáticos (INPE-CPTEC, 2017) para o Rio de Janeiro, mostra que na região a temperatura registrada entre 1967 a 2017, são de 29°C (máxima) e 18°C (mínima), sendo a média anual de 23,5°C. A precipitação trimestral média no mesmo período foram de 125mm e anual apresentando 1680mm, com valores máximos para o verão (160mm) e mínimos no inverno (100mm).

#### 3.3- Vegetação e Solo

A vegetação dominante na área do estudo é o capim-colonião (*Panicum maximum*) com fragmentos de vegetação nativa de Mata Atlântica. No limite que se estende de Noroeste a Sudeste, isolada pelo capim-colonião existe vegetação de Floresta Tropical Ombrófila, secundária, nas encostas do Morro do Marapicu e o prolongamento do relevo montanhoso que liga esse morro com o maciço Gericinó-Mendanha e com a Serra de Madureira.

O solo é do tipo latossolo vermelho escuro, profundo e bem drenado. Latossolos são solos profundos (mais de 2,0m de profundidade), de cor vermelha, alaranjada ou amarela, muito porosos e fortemente intemperizados (IBGE, 2014).

### 3.4- Plantios de espécies arbóreas

Os plantios de espécies arbóreas foram implantados em quatro áreas no interior do complexo (BASTOS, 2011). Para o presente estudo foram consideradas apenas as áreas Alfa e Delta, pelo fato de abrigarem as espécies utilizadas neste estudo por se repetirem em maior frequência, dentre as outras espécies que, também se encontram na área.

A seguir serão apresentadas as principais características dos locais de estudo.



**Figura 1:** Imagem da área representativa para o estudo no Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil, Rio de Janeiro.

Na área Alfa com aproximadamente 0,12 hectare, localiza-se na margem direita do Rio Guandu do Sapê, tendo sido a primeira a ser plantada, entre 21 de setembro e 21 de dezembro de 2011. No local foram plantadas 39 espécies, 648 mudas.

A área Delta com aproximadamente 0,06 hectare, localiza-se no prolongamento da área alfa, a jusante do Rio Guandu do Sapê. Foi plantada entre 14 de abril e 15 de maio de 2012. No local foram plantadas 29 espécies, 442 mudas.

### 3.5- Espécies arbóreas selecionadas para o estudo

As espécies escolhidas para o estudo foram: *Schinus terebinthifolia* Raddi – Anacardiaceae (Aroeira); *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.Mattos) – Bignoniaceae (Ipê amarelo); *Caesalpinia ferrea* C. Mart. – Fabaceae (Pau ferro) e *Pterygota brasiliensis* Allemão- Malvaceae (Pau rei).

A justificativa para a escolha das espécies se dá por serem amplamente utilizadas em projetos de restauração e por fazerem parte de diferentes grupos ecológicos (pioneira, secundária e climáx).

A espécie aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi), também conhecida como aroeira-da-praia, aroeira-mansa, aroeira-vermelha, entre outras, apresenta altura compreendida entre 5 a 10 metros, o tronco é revestido por uma casca grossa de 30 a 60 cm de diâmetro. É uma planta perenifólia e pioneira (Lorenzzi,1992). Geralmente encontradas próximo a rios, córregos e várzeas unidas. Crescem também em terrenos secos. Sua madeira é moderadamente pesada

(densidade 0,80g/cm<sup>3</sup>), em alguns casos mole, apresentando grande durabilidade. Para múltiplos usos, a madeira da aroeira é utilizada para produção de moirões até lenha e carvão. A árvore é ornamental até o momento em que os frutos persistem na árvore. Pelo seu porte pequeno, a espécie é indicada para arborização de ruas estreitas, sendo ela também procurada pela avifauna, muito útil para áreas de reflorestamento e recomposição de áreas degradadas e preservação permanente.

A espécie Ipê amarelo (*Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC. Mattos), do grupo ecológico climáx, possui altura entre 6 a 14 metros, tronco tortuoso de 30 a 50 cm, com folíolos geralmente pilosos. Apresentam dispersão uniforme e bastante frequente, ocorrendo principalmente em formações secundárias. A madeira é muito pesada (densidade 1,01g/cm<sup>3</sup>), dura ao corte e resistência mecânica, apresenta durabilidade mesmo em condições favoráveis ao apodrecimento (Lorenzzi, 2009). Para múltiplos usos, a madeira é própria para usos externos, como postes, dormentes, entre outros. Também é utilizada para acabamentos internos utilizados pela construção civil. A beleza de sua floração estimula seu emprego no paisagismo e por ser uma planta que se adapta a terrenos secos, é útil o plantio para áreas degradadas de preservação permanente.

A espécie Pau ferro (*Caesalpinia ferrea* C. Mart.) do grupo ecológico secundária, possui altura de 20 a 30 metros, com tronco liso e descamante de 50 a 80 cm de diâmetro. A madeira é muito pesada (densidade 1,12g/cm<sup>3</sup>), dura e de longa durabilidade natural (Lorenzzi, 1992). É característica da mata pluvial da encosta atlântica. Ocorre em várzeas e em locais onde o solo é fresco e úmido, tanto no interior da mata primária densa como em formações abertas e secundárias. A madeira é empregada na construção civil, geralmente para vigas e afins. A árvore é útil para o paisagismo em geral, apresentando características ornamentais proporcionando sombra. Devido a facilidade da quebra de galos pelo vento, esta espécie deve ser evitada em locais de circulação. Por ser tolerante ao plantio de áreas abertas e rápido crescimento é excelente para o uso em reflorestamento e recomposição de áreas degradadas de preservação permanente.

A espécie Pau rei (*Pterygota brasiliensis* Allemão) do grupo ecológico secundária, árvore que possui um copa cilíndrica e tronco com sapopemas basais, com ocorrência no nordeste e sudeste do Brasil. Sua madeira é leve, bastante resistente, pouca durabilidade em condições adversas. Na construção civil é utilizada para obras internas, forros e fabricação de caixotaria (BRAZ, et al. 2012).

### 3.6- Quantificação da biomassa

As espécies selecionadas foram identificadas no campo e tiveram seus DAPs e alturas totais aferidos em duas das áreas estudadas no plantio, Alfa e Delta. As espécies foram mensuradas em DAP e Altura total e devidamente identificadas para posteriores retornos à campo, caso necessário. A coleta da madeira foi realizada em quatro indivíduos de cada espécie, onde foram retirados galhos a partir de 1,80m do solo e coletado quatro amostras de galhos de cada indivíduo selecionado para o estudo. O critério utilizado para a escolha das espécies foram os indivíduos que apresentaram maiores DAPs.

Para isso foi selecionado galhos a partir da espessura de 2 cm, onde foram coletados e levados ao Laboratório de Ecologia Aplicada (LEAp) da UFRRJ. Os galhos foram marcados e cortados em 5 cm de comprimento (Figura 2).

As espécies já cortadas foram separadas em sacos plásticos identificados com o nome da espécie e número da amostra e submersos em recipiente com água, de forma que todas as amostras estivessem cobertas por água. O material ficou imerso durante 4 dias, estando completamente saturados.



**Figura 2:** Amostras dos galhos separadas para análise da densidade da madeira.

Após a saturação, foi utilizada uma balança de precisão aferida em três casas decimais para reforçar a veracidade da obtenção dos dados, um baker com água e um alfinete para auxiliar a colocação das amostras.

O baker com água foi colocado na balança e tarado. Cada amostra foi colocada e pesada e o valor indicado pela balança foi anotado. Esse valor é proveniente do deslocamento de massas, teoria embasada por Arquimedes sobre a densidade de sólidos. Para de determinação foi utilizada a seguinte fórmula:

$$D = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \text{ em g/cm}^3$$

Em seguida essas amostras foram levadas a estufa e colocadas a aproximadamente 95-100 °C, durante 5 dias, ou até que os pesos das amostras estivessem estabilizados, segundo a literatura, essa temperatura seria ideal para obtenção dos resultados (CHAVE,2006).

Após a retirada das estufas, as amostras foram novamente pesadas e realizadas os cálculos da densidade, para posteriormente serem aplicadas para equação de determinação da biomassa, como mostrada abaixo:

$$AGB = \text{Exp}(-2,977 + \text{Ln}(\rho \cdot \text{DAP}^2 \cdot h))$$

Onde, AGB significa a biomassa acima do solo,  $\rho$  densidade da madeira (galho), DAP (diâmetro a altura do peito) e h (altura), (CHAVE et al, 2005).

A análise de dados foi realizada para as variáveis de diâmetro, altura e biomassa. Os testes estatísticos foram realizados no programa estatístico INFOSTAT, utilizando uma Análise de Variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey para os dados com distribuição normal. Para os demais dados foram realizados testes não-paramétricos. As análises foram realizadas com objetivo de comparar as espécies. Também foi considerado o efeito do sítio (áreas) nas variáveis resposta – altura, diâmetro e biomassa.

#### 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância do diâmetro a altura do peito (DAP) para as quatro espécies encontradas nas duas áreas de estudo (Alfa e Delta), seguido os dados aferidos pelo DAP, apresentou diferenças significativa ( $p < 0.05$ ) entre as espécies, áreas e interação entre espécies e área (Tabela 1). Com os valores relacionados a variável altura, apresenta o coeficiente de determinação em 45%, este valor ajustado em 44% e o Coeficiente de Variação em 20,69, como apresentados na (Tabela 2). Os resultados também indicaram diferenças significativas para altura. Para biomassa, o coeficiente de determinação foi de 43%, este valor ajustado em 41% e o coeficiente de variação em 125,35, como apresentada na (Tabela 3). Assim como para DAP e Altura, a biomassa também apresentou diferença significativa entre as espécies e áreas (Tabela 3).

**Tabela 1:** Análise de variância (ANOVA) para o diâmetro a altura do peito (DAP) das espécies arbóreas nativas estudadas no Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil, Rio de Janeiro.

<i>F. V</i>	<i>Gl</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Valor-p</i>
<b>Modelo</b>	7	3,48	0,5	18,17	<0,0001
<b>Espécie</b>	3	0,49	0,16	6,01	0,0006
<b>Área</b>	1	2,14	2,14	78,26	<0,0001
<b>Espécie*Área</b>	3	0,26	0,09	3,14	0,0259
<b>Erro</b>	260	7,12	0,03		
<b>Total</b>	267	10,6			

**Tabela 2:** Análise de variância (ANOVA) para a altura das espécies arbóreas nativas estudadas no Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil, Rio de Janeiro.

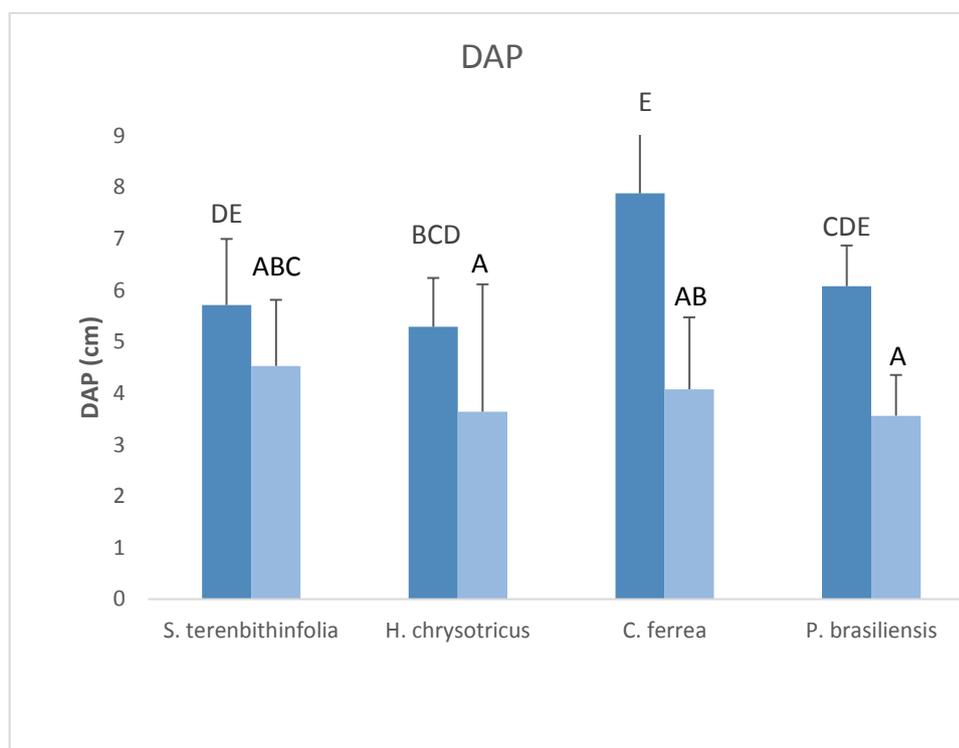
<i>F. V</i>	<i>Gl</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Valor-p</i>
<b>Modelo</b>	4	2,65	0,66	54,13	<0,0001
<b>Espécie</b>	3	0,51	0,17	13,97	<0,0001
<b>Área</b>	1	1,7	1,7	138,47	<0,0001
<b>Erro</b>	263	3,22	0,01		
<b>Total</b>	267	5,88			

**Tabela 3:** Análise de variância (ANOVA) para a biomassa das espécies arbóreas nativas estudadas no Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil, Rio de Janeiro.

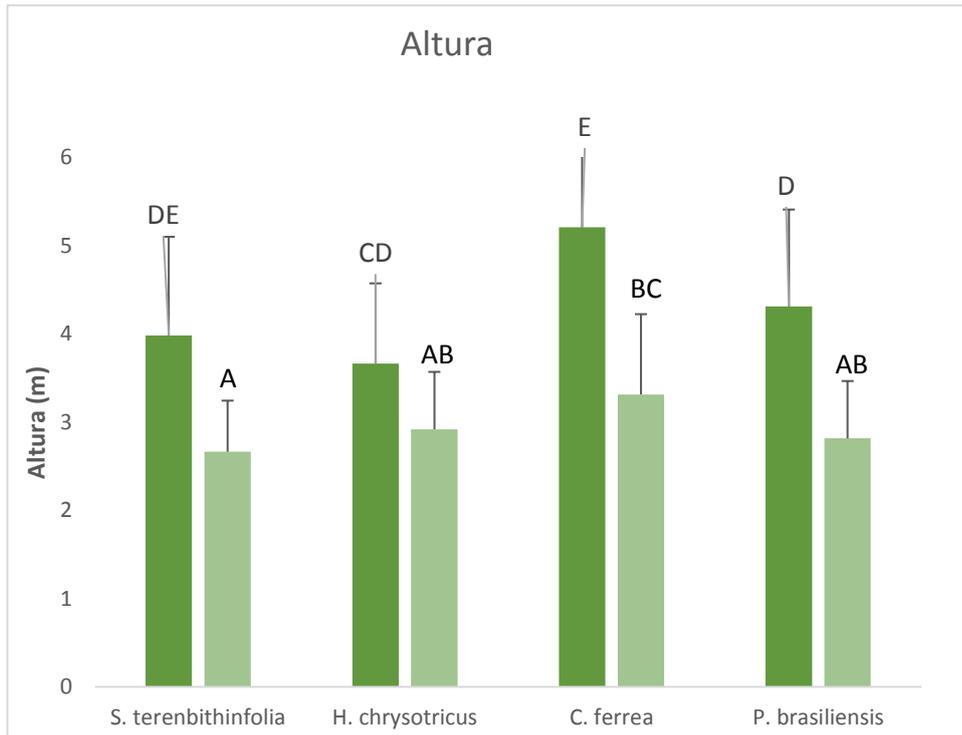
<i>F. V</i>	<i>Gl</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Valor-p</i>
<b>Modelo</b>	7	32,82	4,69	27,61	<0,0001
<b>Espécie</b>	3	7,36	2,45	14,44	<0,0001
<b>Área</b>	1	17,54	17,54	103,27	<0,0001

<b>Espécie*Área</b>	3	1,59	0,53	3,12	0,0265
<b>Erro</b>	260	44,16	0,17		
<b>Total</b>	267	76,99			

Os resultados da interação entre espécie e área, para o DAP, indicou que o maior valor foi para a espécie *Ceasalpinia ferrea* (Pau ferro) na área alfa (figura 3). Para os valores referentes a área Delta, também houve diferença entre DAP das espécies. A interação é significativa, entre as espécies estudadas.



**Figura 3:** Comparação das medidas de diâmetro altura do peito entre as espécies no Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil, Rio de Janeiro. Barras em azul escuro representam área alfa (6anos) e azul claro área delta (5 anos). Barras seguida da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.

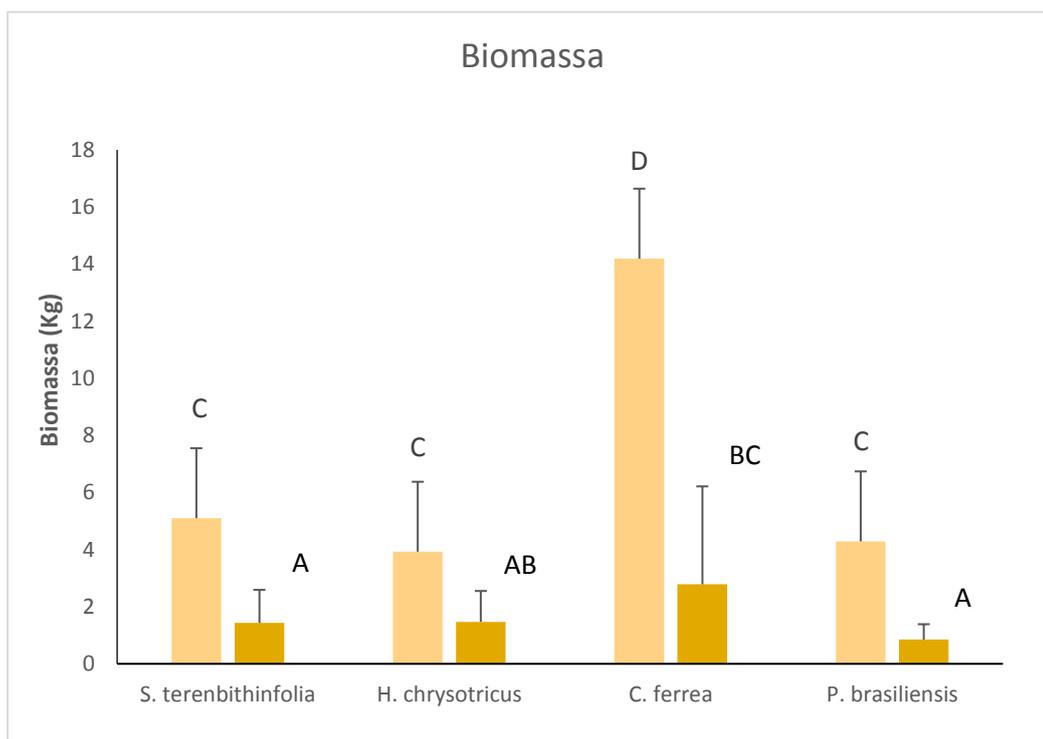


**Figura 4:** Comparação das medidas de altura entre as espécies no Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil, Rio de Janeiro. Barras em verde escuro representam área alfa (6anos) e verde claro, área delta (5 anos). Barras seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.

Avaliando a variável altura na área Alfa e Delta (figura 4), a espécie *Caesalpinia ferea* (Pau ferro), apresenta o maior valor em altura, se comparada as outras espécies.

Para a variável altura na área Delta, as espécies *Caesalpinia ferrea* (Pau ferro), *Handroanthus chrysotrichus* (Ipê amarelo) e *Piterygota brasiliensis* (Pau rei), apresentam maior valor altura em relação a *Schinus terenbintifolia* (Aroeira).

Os valores de biomassa mostradas na área alfa, se concentram na espécie *Caesalpinia ferrea* (Pau ferro), como apresentada no (figura 5).



**Figura 5:** Comparação das medidas de biomassa entre as espécies no Complexo Naval Guandu do Sapê-Marinha do Brasil, Rio de Janeiro. Barras em marrom claro representam área alfa (6anos) e marrom escuro área delta (5 anos). Barras seguida da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.

Com relação a análise da biomassa na área Alfa e Delta, a espécie *Caesalpinia ferrea* (Pau ferro), foi a que apresentou o maior valor, se comparada as outras espécies, como mostra o (figura 5). Na área Delta as três espécies, *Schinus terebinthifolia* (Aroeira) *Handroanthus chrysotrichus* (Ipê amarelo) e *Pterygota brasiliensis* (Pau rei), não apresentaram diferenças significativas para biomassa. O mesmo padrão foi observado para a área Alfa.

De acordo com os resultados referentes ao DAP, Altura e Biomassa, comparando-as através da interação das espécies mostra que há diferença entre as áreas, ou seja, os resultados foram significativos para as três variáveis utilizadas.

Os resultados do estudo indicaram que a espécie *Caesalpinia ferrea* (Pau ferro), foi a que obteve melhor desenvolvimento dentre as duas áreas estudadas. De acordo com Carvalho (2003) a espécie apresenta forte variação no crescimento, podendo ser considerada desde lenta até rápida em algumas localidades. Em plantios realizados no município de Campo Mourão, PR, a espécie obteve uma produtividade volumétrica de 17,20m<sup>3</sup>/ha/ano (CARVALHO,2003). Considerando o grupo ecológico da espécie e a densidade da madeira, os resultados do presente estudo foram surpreendentes. Esperava-se que a espécie *Schinus terebinthifolia* (Aroeira) tivesse o melhor desenvolvimento para o estoque de biomassa, por ser uma espécie pioneira, de rápido crescimento. Para as espécies *Handroanthus chrysitricus* (Ipê amarelo), os resultados apresentados foram esperados por ser uma espécie de crescimento lento (Carvalho,2003). Para *Piterygota brasileinsis* (Pau rei) esperava-se um rápido crescimento devido sua madeira leve e de baixa densidade (BRAZ, et al. 2012).

Fatores que podem explicar o melhor desenvolvimento de *Caesalpinia ferrea* (Pau ferro) na área podem estar relacionados a qualidade do sítio, como também a influência de espécies vizinhas, podendo favorecer seu desenvolvimento no local. Desta forma, é recomendável que essas variáveis sejam testadas em pesquisas futuras.

## 5- CONCLUSÃO

Com os resultados apresentados, conclui-se que a espécie *Caesalpinia ferrea* (Pau ferro), é a espécie que apresenta os maiores valores relacionados em crescimento e biomassa ao estoque de carbono. O Pau ferro, por se tratar de uma espécie tratada na literatura com desenvolvimento lento e alta densidade de sua madeira, não estaria dentre as espécies que apresentariam o melhor desenvolvimento. Esses resultados indicaram uma grande variação entre as espécies na capacidade de sequestrar carbono. Essa variação pode ser considerada uma incerteza para projetos de neutralização de CO<sub>2</sub>. Desta forma, estudos futuros com objetivo de comparar espécies em diferentes condições ambientais são fundamentais para o desenvolvimento de mecanismos para quantificação do sequestro de CO<sub>2</sub> e fortalecimento de políticas públicas.

## 6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTOS, Carlos Roberto. Recuperação de Áreas degradadas no Complexo Naval Guandu do Sapê, Rio de Janeiro, RJ. 2014. 95f. Dissertação- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinheiros, Santos, SP, 2014.

BRAZ, Denise Monte [et al.]. Árvores do Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ: Edur, 2012.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. Espécies Arbóreas Brasileiras. Colombo-PR: Embrapa Florestas, 2003.

CENAMO, Mariano Colini. Mudanças Climáticas, o Protocolo de Quioto e o Mercado de Carbono. Trabalho de Conclusão de Curso. Esalq, 2004.

CHAVE, Jerome. Medição da densidade da madeira em arvores tropicais: manual de campo. Toulouse, France, 2006.

CHAVE, J. Andalo [et al.]. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests, 2005.

FERN- Organização não governamental para monitoramento de Florestas. Sumidouros de Carbono. Extraído em: <http://www.fern.org>. Acesso em 20/08/2017.

HULTINE, K.R., KOEPKE, D.F., POCKMAN, W.T., FRAVOLINI, A., SPERRY, J.S. & WILLIAMS, D.G. 2005. Influence of soil texture on hydraulic properties and water relations of a dominant warm-desert phreatophyte.

IBGE. Mapa de Solos do Brasil. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/mapas\\_murais/solos.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/solos.pdf). Acesso em: 12/09 / 2017.

INPE- CPTEC. Previsão de tempo para as cidades. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/cidades/tempo/24>. Acesso em 28/10/2017

IPLAN RIO. Normas Climatológicas, a cada 3 décadas, das médias mensais das temperaturas, observadas na estação climatológica principal do Município do Rio de Janeiro, no Aterro do Flamengo – 1901-1990. Rio de Janeiro [200-]. Disponível em: <http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br>. Acesso em: 12/09/2017

JACOVINE, Laércio Antônio Gonçalves [et al.]. Restauração Florestal, Estocagem de Carbono e Geração de Créditos de Carbono. Restauração florestal e Bacia do Rio Guandu. P.89-103, 2015.

LELES, Paulo Sérgio & NETO, Sílvio Nolasco, Restauração Florestal e a Bacia do Rio Guandu. UFRRJ: Edur, 2015.

LISBOA, Alysso Canabrava. Estoque de carbono em área de recomposição

florestal com diferentes espaçamentos de plantio. 2010. 39p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

LOCATELLI, Bruno [et al]. Tropical reforestation and climate change: beyond carbono. The journal Restoration Ecology, july, 2015.

LORENZZI, Harri. Árvores do Brasi: Manual de identificação e Cultivo de Plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol 1. Nova Odessa, SP. Ed. Plantarum, 1992.

LORENZZI, Harri. Árvores do Brasi: Manual de identificação e Cultivo de Plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol 3. Nova Odessa, SP. Ed. Plantarum, 2009. Não consta

PINTO, Nathalia Dreyer Breitenback. Análise Comparativa entre o Reflorestamento e outras alternativas de Mitigação de Gases do Efeito Estufa no Estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, RJ, junho, 2013.

RODRIGUES, Ricardo R. On the restoration oh right diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. Biological Conservation, vol 142, Issue 6, June 2009. Pages 1242-1251.

SCARPINELLA, G. A. Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Kyoto. 2002. 182p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, SP.

SHIMAMOTTO, Carolina Y. How much carbono is sequestred during the restoration of tropical forests? Estimates from tree species in the Brazilian Atlantic forest. Forest Ecology and Management, Elsevier,2014.

SOUZA, Flaviana Maluf de; BATISTA, João Luiz Ferreira. Restoration of seasonal semideciduous forest in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. Forest Ecology and Management, Elsevier, vol 191, Issue 1-3, April 2014. Pages 185-2000.

VIEIRA, Simone Aparecida [et al]. Estimations of biomass and carbono stockes: the case of the Atlantic folrest. Biota Neotrop. Vol 8, n2, April/June.2008