



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

SUELY DE MELO DIAS

**ESTOQUE DE CARBONO EM UM TRECHO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSE
NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA – RJ, BRASIL.**

Prof. Dr. DANIEL COSTA DE CARVALHO
Orientador

Prof. Dr. MARCOS GERVASIO PEREIRA
Coorientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO– 2020



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

SUELY DE MELO DIAS

**ESTOQUE DE CARBONO EM UM TRECHO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSE
NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA – RJ, BRASIL.**

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. DANIEL COSTA DE CARVALHO
Orientador

Prof. Dr. MARCOS GERVASIO PEREIRA
Coorientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO– 2020

**ESTOQUE DE CARBONO EM UM TRECHO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSE
NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA – RJ, BRASIL.**

SUELY DE MELO DIAS

APROVADA EM: 03/12/2020

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Daniel Costa de Carvalho - UnB
Orientador

Me. Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto - UFRRJ
Membro

Me. Otávio Augusto Queiroz dos Santos - UFRRJ
Membro

DEDICATÓRIA

Em dedicação ao meu grande e amado pai,
Severiano Bernadino Dias Sobrinho (*in Memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a VIDA e a CIÊNCIA por me permitirem chegar até aqui!

A toda minha família. Em especial ao meu saudoso PAI, Severiano, (*in Memoriam*) por ser o melhor ser vivo que já conheci e a minha preciosa MÃE, Maria, por orações e apoio direcionados a mim em todos os momentos de minha vida.

As minhas crianças Davi, Isabelly, Bernardo, Valentina e Otto por todos os momentos que me fizeram sorrir e deixaram os meus dias mais leves!

Ao Igor Catharino de Souza por sua amizade e por, sempre, ter estado disposto a me ouvir e a me apoiar nos momentos de alegria e também de desespero.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Instituto de Florestas por me proporcionarem através da educação pública de qualidade a oportunidade de cursar de Engenharia Florestal.

Ao professor Dr^o Daniel Costa de Carvalho, por toda sua orientação, paciência e empatia. Agradeço também ao professor Marcos Gervásio pelo apoio oferecido como coorientador. Estendo meus agradecimentos a toda equipe do Laboratório de Gênese e Classificação dos Solos (LGCS) e aos demais Laboratórios do Departamento de Solos (IA-UFRRJ) por todo auxílio prestado no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos valiosos amigos que fiz ao longo de minha graduação pelos momentos de descontração e companheirismo. Agradeço especialmente a Érika Patrocínio, Jason Marcelo, Júlia Nonno, Janaína Dias, Raíssa Nascimento, Maira Gomes e Paloma Gomes por todos nossos momentos juntos!

Aos familiares e pais de amigos que muitas vezes cuidaram de mim como filha, irmã, neta. Em especial aos queridos: Eliane Catharino, Luiz Antonio, Luiane, tia Carmen de Nonno, tia Rita e tio Edenilton Patrocínio.

Aos membros da banca, pesquisadores Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto e Otávio Augusto Queiroz dos Santos por aceitarem compor essa "equipe".

Agradeço a todos Professores, Pesquisadores e Cientistas que fizeram e fazem parte da minha formação por todos os ensinamentos que me foram passados e suporte dado ao longo dos trabalhos e ações desenvolvidas como estudante, bolsista, monitora e/ou colaboradora. Agradeço em especial a Dr^a Kelly Cristina de Almeida Borges, ao professor Dr^o. Rafael Coll Delgado e a professora Dr^o Vanessa Maria Basso.

A CAPES, aos Grupo PET-Floresta e Instituto de Florestas por me proporcionarem a oportunidade de como membro bolsista atuar e desenvolver habilidades profissionais, acadêmicas, que me propiciaram ricos momentos de aprendizado e crescimento.

E a TODOS que fizeram ou fazem parte dessa minha vida e que direta ou indiretamente contribuíram ou contribuem para o meu crescimento e evolução como ser habitante desse planeta.

Mais uma vez... MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A fixação de carbono pelos ecossistemas florestais é fundamental para mitigar os danos e consequências dos seus efeitos em todo o planeta. A degradação ambiental intensificada nas últimas décadas pelo aumento dos impactos causados por ações antrópicas fomenta uma preocupação comum e constante em relação às alterações climáticas, ocasionadas pela emissão de gases do efeito estufa. Por tanto o desenvolvimento de estratégias e mecanismos que colaborem na redução e monitoramento das mudanças ambientais foi o principal ponto que estimulou o desenvolvimento do presente estudo. Neste contexto, o estudo foi baseado na compreensão dos reservatórios de matéria orgânica estocados no sistema edáfico é considerado valioso instrumento para o diagnóstico ambiental de áreas naturais. Desta forma, esta pesquisa foi baseada na hipótese de que florestas da Mata Atlântica possuem relevante capacidade de absorção de carbono atmosférico e acúmulo na vegetação e no sistema edáfico. O objetivo deste estudo consiste em determinar o acúmulo de nutrientes da serapilheira e estimar a biomassa e o estoque de carbono da vegetação e do sistema edáfico de um trecho de Floresta Ombrófila Densa Montana secundária do PNI. Para tanto, foram coletadas e analisadas amostras de solo, serapilheira e realizado inventário florestal para a formação florestal estudada. Em cada unidade amostral (20x20m), foram coletadas aleatoriamente duas amostras de serapilheira dispostas na superfície do solo com o auxílio de um gabarito metálico com área de 0,09 m². Foram coletadas amostras simples (repetições) de solo em profundidades de 0-10 e 10-20 cm com auxílio de anel de Kopeck. Devidamente armazenadas e identificadas as amostras seguiram para análises de nutrientes e carbono no Laboratório de Gênese e Classificação dos Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Pode-se constatar que, de maneira geral, os solos das parcelas apresentaram baixos teores de bases nas duas profundidades, revelando serem de baixa fertilidade natural. A magnitude média total, expressa em Mg ha⁻¹, na camada de 0-10 cm, obedeceu a seguinte ordem: Est P > Est Al³⁺ > Est Ca²⁺ > Est Mg²⁺ > Est K⁺ > Est Na⁺. Os valores médios de estoques de carbono do solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, apresentando respectivamente 18,31 e 14,13 Mg ha⁻¹. O estoque de serapilheira variou de 3,33 a 7,50 Mg ha⁻¹, com média de 5,33 Mg ha⁻¹. A biomassa total da vegetação estimada para o trecho de floresta estudado foi de 205,5 Mg ha⁻¹ (± 39,95 Mg ha⁻¹), o que equivale um estoque de carbono total da vegetação viva acima do nível do solo é de 100,69 Mg ha⁻¹ (±19,57 Mg ha⁻¹). A biomassa total estimada das raízes equivale à um total de 30,20 Mg ha⁻¹ de estoque de carbono para este compartimento do trecho de floresta avaliado. Os valores de nutrientes do sistema edáfico - solo e serapilheira - e os estoques de carbono no solo e vegetação estão dentro da faixa esperada para fitofisionomias florestais secundárias de Mata Atlântica. Conclui-se a importância destas formações florestais secundárias como sumidouros do estado. Portanto, A partir dos resultados obtidos neste estudo, fica evidente a importância de se avaliar indicadores ambientais que possam ser aplicados como parâmetros de avaliação ecológica e ambiental.

Palavras-chave: Floresta Atlântica, Sequestro de Carbono, Clima.

ABSTRACT

Carbon fixation by forest ecosystems is essential to mitigate the damage and consequences of its effects across the planet. The environmental degradation intensified in the last decades by

the increase of the impacts caused by anthropic actions foments a common and constant concern in relation to the climatic changes, caused by the emission of greenhouse gases. Therefore, the development of strategies and mechanisms that collaborate in the reduction and monitoring of environmental changes was the main point that stimulated the development of this study. In this context, the study was based on the understanding of the organic matter reservoirs stored in the edaphic system and is considered a valuable instrument for the environmental diagnosis of natural areas. Thus, this research was based on the hypothesis that forests in the Atlantic Forest have a significant capacity for absorbing atmospheric carbon and accumulation in vegetation and in the edaphic system. The objective of this study is to determine the accumulation of nutrients in the litter and to estimate the biomass and carbon stock of the vegetation and the edaphic system of a stretch of rainforest secondary Montana secondary to the PNI. For this, samples of soil, litter and forest inventory were collected and analyzed for the studied forest formation. In each sampling unit (20x20m), two litter samples were randomly collected arranged on the soil surface with the aid of a metallic template with an area of 0.09 m². Simple soil samples (repetitions) were collected at depths of 0-10 and 10-20 cm with the aid of a Kopeck ring. Properly stored and identified, the samples went for analysis of nutrients and carbon in the Laboratory of Genesis and Classification of Soils of the Federal Rural University of Rio de Janeiro. It can be seen that, in general, the soils of the plots showed low levels of bases in both depths, revealing that they are of low natural fertility. The total mean magnitude, expressed in Mg ha⁻¹, in the 0-10 cm layer, obeyed the following order: Est P > Est Al₃ > Est Ca₂ > Est Mg₂ > Est K > Est Na +. The average values of soil carbon stocks at depths of 0-10 and 10-20 cm, showing 18.31 and 14.13 Mg ha⁻¹, respectively. The litter stock varied from 3.33 to 7.50 Mg ha⁻¹, with an average of 5.33 Mg ha⁻¹. The total biomass of the vegetation estimated for the studied forest stretch was 205.5 Mg ha⁻¹ (± 39.95 Mg ha⁻¹), which is equivalent to a total carbon stock of living vegetation above ground level is 100.69 Mg ha⁻¹ (± 19.57 Mg ha⁻¹). The estimated total biomass of the roots is equivalent to a total of 30.20 Mg ha⁻¹ of carbon stock for this compartment of the evaluated forest stretch The nutrient values of the edaphic system - soil and litter - and the carbon stocks in the soil and vegetation are within the range expected for secondary forest phytophysionomies in the Atlantic Forest. It concludes the importance of these secondary forest formations as sinks of the state. Therefore, From the results obtained in this study, it is evident the importance of evaluating environmental indicators that can be applied as parameters of ecological and environmental assessment.

Keywords: Atlantic Forest, Carbon Sequestration, Climate.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	1
2.1 Estoque de Carbono	1
2.2 Bioma Mata Atlântica	2
2.3 Floresta Ombrófila Densa (FOD).....	3
2.4 Parque Nacional do Itatiaia (PNI).....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	4
3.1 Localização e caracterização da área de estudo	4
3.2 Coletas, processamento e análises dos atributos ambientais	7
3.2.1 Coleta e preparo das amostras de solo.....	7
3.2.2 Determinação dos atributos químicos do solo	7
3.2.3 Determinação da densidade do solo (Ds).....	8
3.2.4 Composição granulométrica do solo	8
3.2.6 Estoques de carbono (Est C) do solo.....	8
3.2.7 Estoques de nutrientes (Est “X”) do solo	9
3.2.8 Coletas, processamento e análises de serapilheira	9
3.2.9 Determinação do estoque de serapilheira (EstS).....	10
3.2.10 Atributos da serapilheira e estoque de NPK da serapilheira	10
3.2.11 Biomassa e estoque de C da vegetação	11
3.2.11.1 Inventário florestal	11
3.2.11.2 Estimativa da biomassa de raízes	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1 Solo	12
4.1.1 Densidade do Solo, Carbono Orgânico Total, Estoque de Carbono, Estoque de nutrientes e Composição Granulométrica.....	14
4.1.2 Densidade do Solo (Ds).....	14
4.1.3 Carbono Orgânico Total (COT)	14

4.1.4 Estoque de Carbono (Est C), Estoques de nutrientes (P, Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , Na ⁺ e Al ³⁺) e Composição Granulométrica.....	14
4.2 Estoque de Serapilheira.....	16
4.2.1 Estoque de macronutrientes na serapilheira	16
4.3 Biomassa e estoques de C na vegetação.....	17
4.3.1 Inventário florestal: biomassa e estoque de carbono vegetal.....	17
4.3.2 Biomassa e carbono das raízes.....	18
6. CONCLUSÕES	19
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1. INTRODUÇÃO

A fixação do carbono pelos ecossistemas florestais é realizada nos compartimentos vegetação, serapilheira e solos (ODUM, 1988; CHAPIN III et al., 2002). Assim, mudanças no armazenamento de carbono na vegetação e/ou no solo podem ter implicações significativas na concentração atmosférica de dióxido de carbono (CO₂) e outros Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera (DELGADO et al., 2018). Este aumento da concentração de GEE na atmosfera ocorre em função da queima e/ou degradação da matéria orgânica, como é o caso do desmatamento. Dessa forma, estas degradações ambientais contribuem para as mudanças do clima regional e global (SCHUMAN et al., 2002; LUNG; ESPIRA, 2015).

Florestas tropicais, armazenam grande parte do carbono retirado da atmosfera na forma de biomassa, e estas mesmas florestas são submetidas a grande pressão antrópica (METZGER et al., 2009), um exemplo é o bioma brasileiro Mata Atlântica, considerada uma das áreas mais biodiversificadas e ameaçadas do planeta, o que lhe confere um status de *Hotspot* mundial (MITTERMEIER et al., 2005). Esse ecossistema sofre a centenas de anos uma intensa degradação ambiental (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2014), atualmente a maior parte de seus remanescentes ocorrem na forma de pequenos fragmentos, isolados e compostos por matas secundárias em diferentes estágios sucessionais (METZGER et al., 2009).

Pesquisas a respeito do balanço e dinâmica do C e nutrientes em ambientes florestais auxiliam no desenvolvimento de mecanismos de monitoramento ambiental que contribuem para sustentabilidade desses ecossistemas. Diante do exposto, fica evidente a importância do desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao monitoramento do carbono em áreas inseridas no bioma Mata Atlântica. Para isso, há a necessidade de áreas representativas para estudos relacionados às modificações na paisagem, produtividade primária bruta e líquida e dos compartimentos de carbono (DELGADO et al., 2018).

Inseridas neste contexto, as Unidades de Conservação de Proteção Integral (SNUC, 2000), como o Parque Nacional do Itatiaia (PNI), apresentam potencial para pesquisas relacionadas ao monitoramento do carbono terrestre da Mata Atlântica. Desta forma, esta pesquisa foi baseada na hipótese de que florestas da Mata Atlântica possuem relevante capacidade de absorção de carbono atmosférico e acúmulo na vegetação e no sistema edáfico. Portanto, este estudo tem como objetivo determinar o acúmulo de nutrientes da serapilheira e estimar a biomassa e o estoque de carbono da vegetação e do sistema edáfico de um trecho de Floresta Ombrófila Densa Montana secundária do PNI.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estoque de Carbono

A participação da vegetação no sequestro de carbono pelos ecossistemas é fundamental na redução dos danos e as consequências de seus efeitos (DELGADO et al., 2018). Segundo Giácomo et al. (2008), os principais fatores responsáveis pela emissão do gás carbônico para a atmosfera são: a queima de combustíveis fósseis; a queima e retirada da biomassa vegetal através das mudanças de uso da terra; e a redução nos estoques de matéria orgânica do solo. Zanini (2018) afirmou que a mudança no uso do solo, principalmente o desmatamento nas regiões tropicais, é o terceiro maior emissor de GEE.

De acordo com Barbosa (2013) se a concentração de C continuar influenciando no aumento da temperatura do planeta isso resultará no aumento no nível das águas dos mares, alterações no ciclo hidrológico e de modo a ameaçar a vida no planeta terra. Assim, a mudança climática global poderá ser o problema ambiental mais crítico e complexo a ser enfrentado pela humanidade ao longo do século XXI (MACHADO, 2005).

Os ecossistemas terrestres que compreendem a vegetação e o solo são considerados atualmente como um grande sumidouro de carbono (MACHADO, 2005, DINIZ et al., 2015) e por acumular, na estrutura carbônica das árvores, elementos poluentes nocivos à qualidade de vida, cresce a cada dia que passa o interesse pelos estudos de biomassa e conteúdo de carbono em florestas (SILVEIRA et al., 2007, DINIZ et al., 2015). Os estoques de carbono estimados significam, de um modo geral, a quantidade de C que foi retirada da atmosfera e que se encontra “aprisionada” na biomassa aérea (FERNANDES et al., 2008, DINIZ et al., 2015) e conhecer o estoque de C fixado na vegetação é um dos importantes fatores para entender o balanço deste elemento nos ecossistemas (MIRANDA et al., 2019, DINIZ et al., 2015).

Nesse sentido, as florestas tropicais possuem papel de destaque, pois, além de proverem diversos serviços ecossistêmicos, contribuem para o armazenamento de C, minimizando, com isso, os efeitos do lançamento na atmosfera (NETO & ARAUJO, 2018). Estas estocam carbono tanto na biomassa acima como abaixo do solo e representam mais carbono do que atualmente existe em relação ao estoque na atmosfera. Isso é justificado pois florestas cobrem cerca de 30% da superfície da Terra e fixam em torno de 85% do carbono orgânico (HOUGHTON, 1994). Portanto, a compreensão da dinâmica e da quantidade de C em sistemas manejados e naturais permite subsidiar o estabelecimento de estratégias de manejo que atuem diminuindo a emissão de C.

2.2 Bioma Mata Atlântica

A Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro, que no passado cobria 100% do seu território, atualmente, limita-se a menos de 20%, e desde as maiores áreas são observadas nas vertentes da Serra do Mar, com altitude média de 500 m (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2012).

Na Mata Atlântica, a floresta foi a principal fonte de recursos durante centenas de anos, com a retirada de madeira e uso do solo nos diversos ciclos econômicos (SOBRINHO et al 2007). As últimas estimativas indicam, que o estado tem registrado ocorrências muito menores de desmatamento, como o do período de 2010-2011, em que a área total desmatada correspondeu à menos que 100 hectares (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2012).

Os fragmentos florestais secundários da região se tornam importantes componentes da paisagem, pois além de conservarem a biodiversidade remanescente (DINIZ et al., 2015), constituem-se, em muitos casos, como sumidouros, ou seja, pelo processo da fotossíntese, as florestas em crescimento absorvem C da atmosfera e armazenam carbono em sua biomassa, formando grandes reservatórios desse elemento (SILVEIRA et al., 2007). A fragmentação da Floresta Atlântica aliada à sua importância são estímulos para pesquisas de base conservacionistas e de recuperação de remanescentes, o que pode ser feita através de indicadores ambientais (SCORIZA et al., 2017).

2.3 Floresta Ombrófila Densa (FOD)

As FOD, de maneira geral, são caracterizadas por florestas estratificadas, com alta densidades de indivíduos arbóreos compondo o dossel além de árvores emergentes de grande porte e sempre-verdes. Esta fitofisionomia se estabelece em regiões de elevada precipitação, bem distribuída durante todo o ano (IBGE, 2012) e estão associadas a solos argilosos, férteis e com profundidade variável (ROSSO et al., 2011; IBGE, 2012).

Assim, a característica ombrotérmica da Floresta Ombrófila Densa está presa a fatores climáticos tropicais de elevadas índices de temperatura e precipitação bem-distribuída durante o ano. Segundo IBGE (2012), essa tipologia florestal contribui significativamente na estabilização mecânica das encostas, na regulação do fluxo hídrico e, pela ocorrência de espécies endêmicas e adaptadas às condições ambientais (IBGE, 2012). Essa formação caracteriza 80% do uso e cobertura da extensão territorial do PNI (ICMBio, 2020).

A maior parte dos estudos realizados nesses ambientes, objetivam o conhecimento sobre sua fitossociologia e composição florística (BARRETO et al., 2013). No entanto, há carência de estudos que indiquem, de qual é a contribuição que as FOD têm em relação aos estoques de carbono, embora seu potencial de armazenamento e sequestro de C seja evidente (DELGADO et al., 2018).

2.4 Parque Nacional do Itatiaia (PNI)

O Parque Nacional do Itatiaia (PNI), foi o primeiro Parque Nacional criado no Brasil, na data de 14 de junho de 1937, é considerada uma das Unidades de Conservação mais visitadas do país. Situado na Serra da Mantiqueira, o parque abrange os municípios de Itatiaia e Resende no Estado do Rio de Janeiro e Bocaina de Minas e Itamonte no Estado de Minas Gerais, onde fica aproximadamente 60% de seu território (TOMZHINSKI et al., 2011).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA 2007) o PNI é classificado como área de prioridade extrema para a conservação ambiental. A Unidade de Conservação (UC) é um dos últimos remanescentes de Mata Atlântica do Vale do Paraíba, habitat de espécies endêmicas, raras e muitas ameaçadas de extinção, como por exemplo o caso de *Melanophryniscus moreirae* (sapo flamenguinho) e *Araucaria angustifolia* (Araucaria) (ICMBio, 2018). A Serra da Mantiqueira compreende uma das áreas insubstituíveis para a conservação da biodiversidade do planeta (LE SAOUT et al., 2013; FERRAZ et al., 2019).

O PNI se destaca entre as Unidades de Conservação brasileiras por abrigar elementos abióticos e bióticos de extrema relevância (BARRETO et al., 2013). O Parque abriga diferentes fitofisionomias de Mata Atlântica desde vegetação típica de altitude a florestas exuberantes em diferentes estágios de regeneração. A fitofisionomia de Floresta Ombrófila Densa é a mais representativa do PNI, ocupando cerca de 80% da área do PNI - (BARRETO et al., 2013; DELGADO et al., 2018; ICMBio, 2020).

Nas áreas acima de 2.250 m, localiza-se o planalto do Itatiaia onde predominam os principais picos da região como o Pico das Agulhas Negras, as Prateleiras a Pedra do Altar dentre outros. Na Região a transformação de mata original em áreas para pastagem e/ou agricultura de subsistência é a regra geral tornando comum a mudança da fisionomia local (SILVA et al., 2019).

As unidades de conservação são áreas de fundamental importância no que tange a obtenção de conhecimento sobre a dinâmica natural da biomassa e as relações existentes entre a floresta e a fixação do C atmosférico, tanto em captura quanto em imobilização (SILVA et al., 2018).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área de estudo

O PNI localiza-se na Serra da Mantiqueira, entre os Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, próximo da divisa com o Estado de São Paulo. Seus limites alcançam parte dos municípios de Itatiaia e Resende (RJ), e de Itamonte e Bocaina de Minas (MG). A principal via de acesso é a BR-116 (Rodovia Presidente Dutra) para visitantes vindos do Rio de Janeiro e São Paulo (Figura 1).

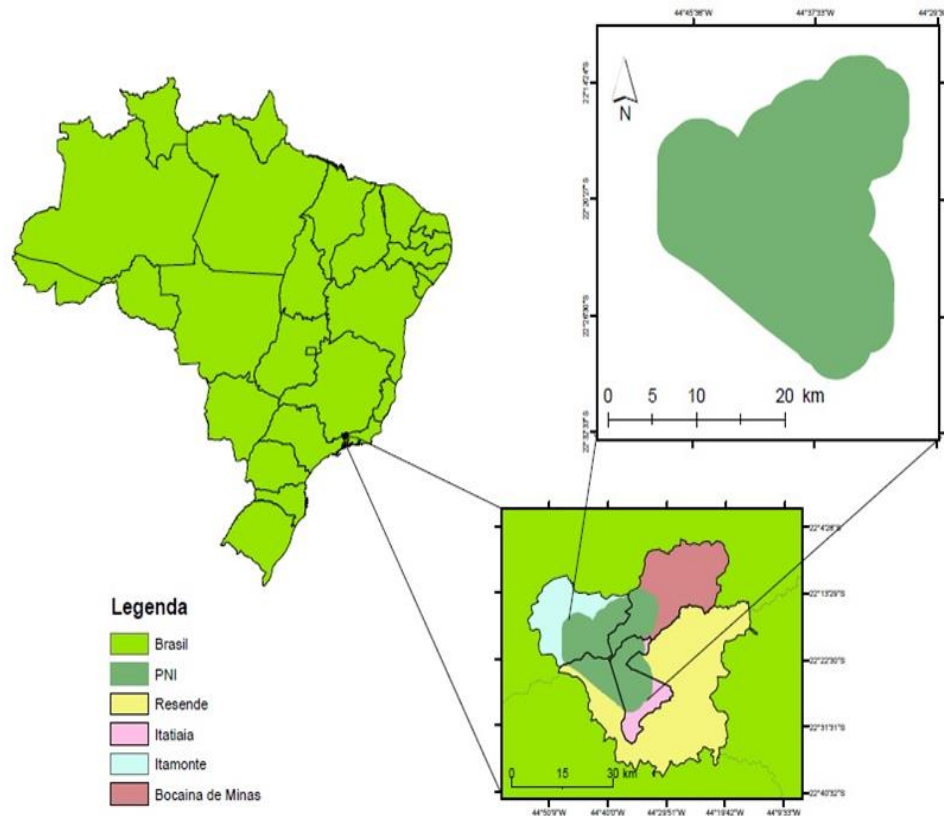


Figura 1: Localização do Parque Nacional do Itatiaia.

Por estar inserido na Serra da Mantiqueira, o relevo do PNI apresenta feição topográfica que varia de montanhosa a escarpada. As elevações variam entre 540 m, no extremo sul do PNI, até exatamente 2.791,55 m no Pico das Agulhas Negras; sendo que predominam altitudes em torno de 2.000 m, e declividades que variam de 30 a 47 % (BARRETO et al., 2013). As rochas na região do PNI são englobadas nos grupos do embasamento cristalino paleoproterozóico, rochas alcalinas neocretáceas dos maciços do Itatiaia, Passa Quatro e Morro Redondo (BARRETO et al., 2013).

Por compreender um relevo montanhoso e acidentado, o PNI apresenta em sua maioria solos rasos e jovens. A classe predominante é o Cambissolo Húmico Distrófico típico que ocorre amplamente nas encostas. As áreas mais elevadas e/ou com declividades mais acentuadas predominam as unidades pedológicas de Neossolo Litólico Distrófico típico. Solos mais espessos, como Latossolos e Argissolos ocorrem preferencialmente em sopés de encostas e depósitos de tálus (BARRETO et al., 2013). Adicionalmente são observados também a ocorrência de Organossolos Fólicos e Háplicos em depressões pantanosas acima da cota 1.000 m do PNI (SOARES et al., 2016).

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013) o domínio climático do PNI é composto por dois tipos mesotérmicos. O tipo mesotérmico Cwb apresenta verão brando e estação chuvosa no verão, ocorrendo nas partes elevadas da paisagem, geralmente acima de 1.600 m de altitude. Já o mesotérmico Cpb apresenta verão brando sem estação seca, ocorrendo nas partes baixas do relevo (BARRETO et al., 2013).

Para a caracterização dos atributos ambientais avaliados, foram instaladas dez parcelas permanentes em um trecho de Floresta Ombrófila Densa (FOD) secundária em estágio sucessional avançado no entorno da sede do PNI (Figura 2). Cada parcela permanente configura uma unidade amostral com dimensões de 20 x 20 m subdividida em 10 x 10 m, totalizando uma área de 400 m² (Figura 3). As coletas dos atributos ambientais compreenderam o período de 11/11/2018 a de 12/06/2018.

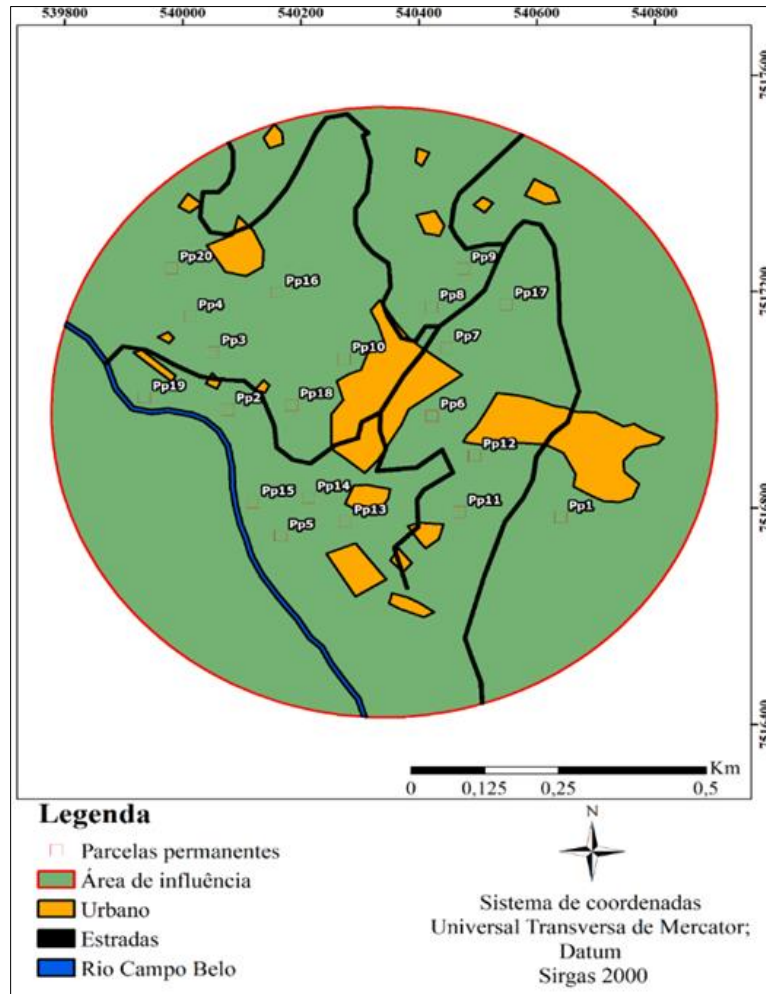


Figura 2: Uso, cobertura do solo e localização das 20 parcelas permanentes instaladas das quais foram avaliadas dez parcelas de identificação: P01, P02, P03, P04, P05, P06, P07, P08, P09 e P10.

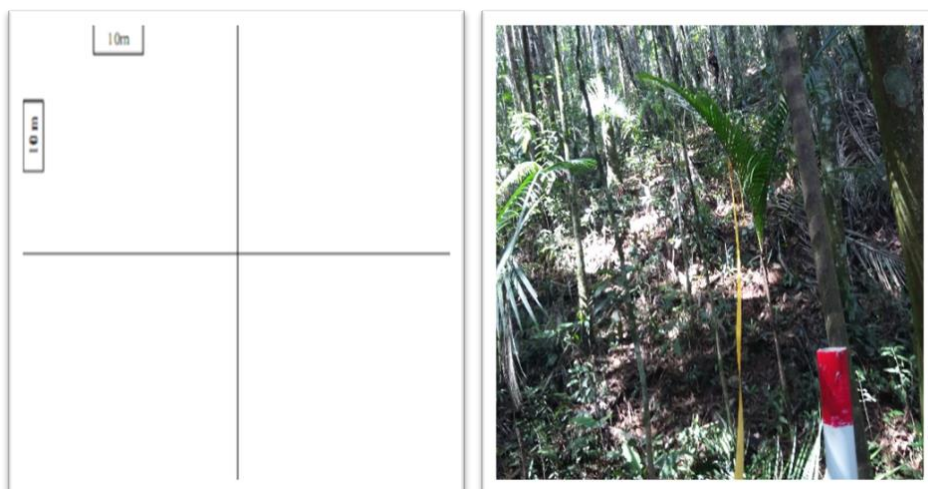


Figura 3: Parcelas experimentais. A esquerda da figura, esquema estrutural adotado para as unidades amostrais; e a direita, imagem que ilustra a cobertura vegetal no interior da parcela.

3.2 Coletas, processamento e análises dos atributos ambientais

3.2.1 Coleta e preparo das amostras de solo

Para caracterização dos atributos químicos e físicos do solo da área de FOD estudada foram realizadas coletas de campo no período de 11 à 12 de novembro de 2018. Sendo coletadas amostras deformadas com auxílio enxadão, pá reta e faca pedológica, enquanto as indeformadas foram coletadas com auxílio de anel de Kopeck. As amostragens foram feitas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm com quatro repetições por profundidade - em cada unidade amostral. Perfazendo um total de 80 amostras simples que compuseram 20 amostras compostas. Em seguida foram devidamente identificadas e encaminhadas para o laboratório.

3.2.2 Determinação dos atributos químicos do solo

Posteriormente as amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2,0 mm de malha, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA) (Figura 4.c). Na sequência, foram realizadas a caracterização dos atributos químicos e composição granulométrica adotando-se a pela metodologia proposta por Embrapa (1997).



Figura 4: Preparo das amostras de terra. (a) Amostra de terra antes do destorroamento; (b) Durante o destorroamento; e (c) Pós destorroamento (TFSA e material residual retido na peneira).

A caracterização dos atributos químicos do solos foi obtida após submissão das amostras de TFSA às seguintes análises: I) pH em água; II) Ca, Mg, Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, analisados por titulometria; III) P, K e Na extraídos pelo extrator Mehlich⁻¹ e analisados por colorimetria (P) e fotometria de chama (K e Na); IV) H+Al avaliado através de solução de acetato de cálcio 0,025 mol L⁻¹. Todos os métodos encontram-se descritos em EMBRAPA (1997) (Figura 5). Com dados das respectivas análises foram calculados: o valor S ((= Ca⁺² + Mg⁺² + Na⁺ + K⁺), o valor T (CTC= Valor S + H⁺+Al⁺³), e a saturação por bases V% (=Valor S/ValorT)*100).

A caracterização dos atributos químicos do solo foi obtida após submissão das amostras de TFSA às seguintes análises: I) pH em água; II) Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³ trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, analisados por titulometria; III) P, K e Na extraídos pelo extrator Mehlich⁻¹ e

analisados por colorimétrica (P) e fotometria de chama (K e Na); IV) H+Al avaliado através de solução de acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, ajustado a pH 7,0. Todos os métodos encontram-se descritos em EMBRAPA1997) (Figura 5). Com os dados das respectivas análises foram calculados os valores do complexo sortivo: soma de bases ($S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+$); capacidade de troca catiônica ($T = S + (\text{H} + \text{Al}^{3+})$); e saturação por bases ($V = (S/T)*100$).”

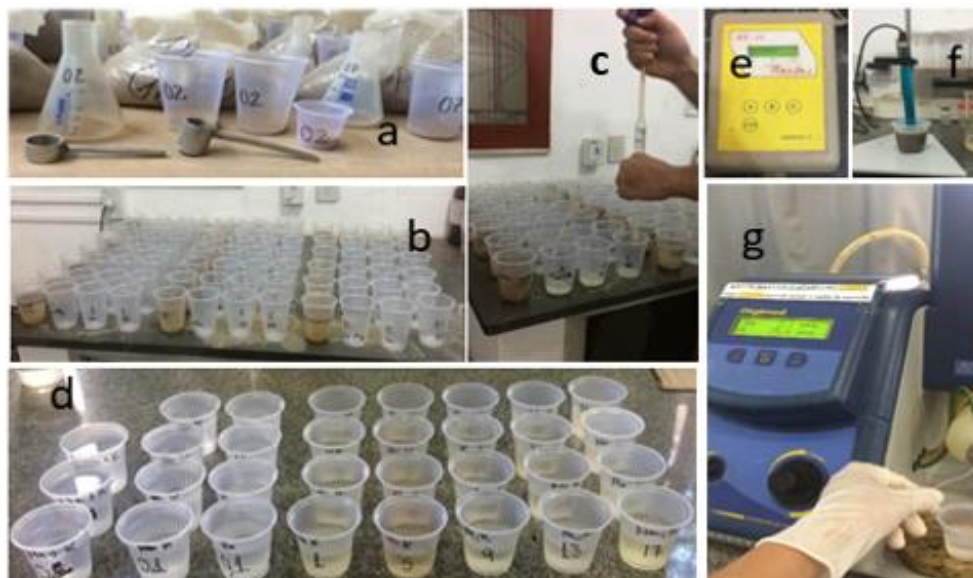


Figura 5: Caracterização dos atributos químicos. (a) Preparo das amostras para análise; (b) Amostras de solo solubilizadas; (c) Coleta de sobrenadante para análise; (d) Amostras para análise de Na^+ e K^+ ; e pHmetro; (f) Leitura pH; e (g) Leitura de Na^+ e K^+ em fotômetro de chamas.

3.2.3 Determinação da densidade do solo (D_s)

A densidade do solo (D_s) foi determinada a partir da amostra indeformada coletada com o auxílio do anel de Kopeck, segundo metodologia proposta em Embrapa (1997). A amostra foi seca em estufa a $105-110 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante. Em seguida calculou-se a densidade pela aplicação da expressão: $D_s = M_s/V_t$; Em que: M_s = Massa do solo seco a $105-110 \text{ }^\circ\text{C}$, V_t = Volume do anel de Kopeck. Os resultados foram expressos em Mg.m^{-3} .

3.2.4 Composição granulométrica do solo

O teor de Carbono Orgânico Total (COT) foi determinado por meio do método de dicromatometria, via oxidação úmida da matéria orgânica por dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) na concentração de $0,167 \text{ mol L}^{-1}$, em meio sulfúrico e quantificado por titulação usando solução de sulfato ferroso amoniacal ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$) $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ como titulante e ferroin como indicador (YEOMANS & BREMNER, 1988). Os teores de carbono orgânico (CO) foram determinados utilizando-se os fundamentos e equação matemática descritos em Cantarella et al. (2001).

3.2.6 Estoques de carbono (Est C) do solo

O estoque de carbono foi calculado pelo método da camada equivalente, em que a correção dos estoques de C do solo foi realizada levando em conta as diferenças nas massas de solo de cada camada (SISTI et al., 2004). Os estoques de carbono (EstC) foram determinados a partir da expressão, proposta por Freixo et al. (2002): $EstC (Mg\ ha^{-1}) = (C \times Ds \times e)/10$; Em que C é o valor do teor de COT na camada ($Mg.ha^{-1}$); Ds, a densidade do solo ($Mg\ m^{-3}$) e; e a espessura da camada em análise em cm.

3.2.7 Estoques de nutrientes (Est “X”) do solo

O estoque de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , P, K^+ e Al^{3+} , foram calculados pelo método da camada equivalente, em que a correção dos estoques do elemento no solo foi realizada levando em conta as diferenças nas massas de solo de cada camada (SISTI et al., 2004). Os estoques de nutrientes (EstX) foram determinados de acordo com a expressão, proposta por Freixo et al., (2002): $EstX (Mg\ ha^{-1}) = (X \times Ds \times e)/10$; Em que X é o valor do teor do nutriente presente na camada ($Mg.ha^{-1}$); Ds, a densidade do solo ($Mg\ m^{-3}$) e; e a espessura da camada em análise em cm.

3.2.8 Coletas, processamento e análises de serapilheira

A determinação do estoque de serapilheira seguiu o método proposto por Lopes et al. (2002). Foram coletadas aleatoriamente duas amostras de serapilheira estocada na superfície do solo com o auxílio de um gabarito metálico de formato quadrado ($0,09\ m^2$). O material coletado foi armazenado em sacos plásticos devidamente identificados e encaminhados para laboratório. No laboratório, foram eliminadas as partículas de solo e de matéria orgânica em estágio avançado de decomposição com auxílio de uma peneira de 2,0 mm de malha. Em seguida, a serapilheira restante foi transferida para sacos de papel identificados e posteriormente secas em uma estufa de circulação de ar fechado por 72 horas a uma temperatura de $50\ ^\circ C$ (Figura 6). Durante o período de secagem as amostras foram pesadas em uma balança de precisão até atingirem massa constante.



Figura 6: Preparo das amostras de serapilheira. (a e b) Amostras de serapilheira antes da secagem; (c) Pesagem do material; e (d) Amostras de serapilheira durante o processo de secagem em estufa a $50\ ^\circ C$.

3.2.9 Determinação do estoque de serapilheira (EstS)

A partir da massa seca das duas repetições de serapilheira, foi possível obter os valores de estoque total (Mg ha^{-1}) para cada unidade amostral. O estoque de serapilheira (EstS) foi estimado pela equação: $\text{EstS (Mg ha}^{-1}\text{)} = \text{Ms (Mg)} \times \text{Ag (ha)}$, onde EstS= estoque de serapilheira; Ms= massa da amostra de serapilheira expresso em megagrama; Ag= área do gabarito metálico expresso em hectare.

3.2.10 Atributos da serapilheira e estoque de NPK da serapilheira

Para a análise química da serapilheira foi necessário a moagem da mesma com auxílio do moinho facas (Figura 7 a e b). A partir do material moído (Figura 8.a), foram feitas as análises químicas por digestão sulfúrica (TEDESCO et al., 1985) para obter os teores de macronutrientes (N, P e K).



Figura 7: Preparo da serapilheira para as análises químicas. (a) Vista lateral do moinho de facas utilizado na moagem do material; (b) Vista frontal do moinho de facas com protetor frontal desacoplado (para uma melhor observação das facas de moagem) e demais materiais utilizados na moagem da serapilheira; (c) Amostra antes da moagem; e (d) Amostra após a moagem.



Figura 8: Armazenamento das amostras. (a) Amostra moída de serapilheira; (b) Amostra moída em embalagem para armazenamento; e (c) Amostras de serapilheira moídas, embalada e devidamente identificadas.

3.2.11 Biomassa e estoque de C da vegetação

3.2.11.1 Inventário florestal

Para o processamento das estimativas do inventário florestal, foi considerado um trecho de 100 ha de uma Floresta Ombrófila Densa Secundária da área urbana no entorno da sede do PNI (Figura 2). No interior das parcelas permanentes (Figura 3) foram amostrados todos os indivíduos arbóreos com diâmetro a altura do peito (DAP) igual e superior a 5 cm. Todos os indivíduos arbóreos amostrados nestas parcelas foram marcados com placas de alumínio numeradas sequencialmente, tiveram mensurado o DAP, estimada a sua altura máxima a partir do solo. Os parâmetros estruturais foram aqueles preconizados por Scolforo et al. (2008). A biomassa aérea acima do solo do trecho de FOD foi determinada indiretamente utilizando-se o modelo alométrico (Equação 1), ajustado por Scolforo et al. (2008) para Florestas Ombrófilas Densa. A conversão da biomassa em estoque de carbono seguiu o método apresentado pelo IPCC (2007), por meio da Equação 2. O método IPCC (2007) preconiza que 49% (0,49) da biomassa seca corresponde ao conteúdo de C total contido na biomassa.

$$\text{(Equação 1)} \quad \ln(Bs) = -10,6409194002 + 2,1533324963 \cdot \ln(Dap) + 0,8248143766 \cdot \ln(Ht)$$

onde: Ln = Logaritmo neperiano; Bs= Biomassa seca (do indivíduo) (kg); Dap= diâmetro à altura do peito (1,30 m do solo); Ht= altura total (metros).

$$\text{(Equação 2)} \quad EC = Fs \cdot 0,47$$

onde: EC= estoque de carbono ($Mg \text{ ha}^{-1}$); Fs= biomassa seca, ($Mg \text{ ha}^{-1}$).

3.2.11.2 Estimativa da biomassa de raízes

A biomassa de raízes foi determinada indiretamente por meio de um fator de conversão, proposto por Lima et al. (2006), em que a biomassa seca total das raízes representa em média 30% da biomassa encontrada na parte aérea dos indivíduos. Já o estoque de carbono das raízes foi estimado pelo mesmo fator de conversão do IPCC (2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Solo

Na Tabela 1 são apresentados os valores referentes a composição nutricional, pH, soma de bases (S), valor T e saturação de bases (V) das áreas de FOD no PNI, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Através da análise desses atributos, pode-se observar que, de maneira geral, as áreas apresentaram baixos teores de bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+), nas duas profundidades, revelando solos de baixa fertilidade natural. Sendo justificados pelos valores de saturação de bases inferiores a 50%. Nas camadas superiores de solo, de maneira geral, foram quantificados os maiores teores de nutrientes e acidez potencial em relação às camadas inferiores.

Os teores de pH (acidez ativa), entre as áreas, foram baixos nas duas profundidades, variando de 3,76 a 5,53 na camada de 0-10 cm e 4,10 a 4,71 na camada de 10-20 cm. Verificou-se um decréscimo dos valores em profundidade. Os demais atributos relacionados à acidez, representados por H^+Al^{3+} apresentaram valores que variaram entre as áreas e profundidades. Tendo apresentado decréscimos significativos na camada de 10-20 cm de profundidade.

Quanto aos valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , observa-se na profundidade de 0-10 cm onde esses valores mais expressivos. Já o Na^+ não apresentou teores elevados para ambas as profundidades. Para os valores de K^+ , apesar de não terem sido grandes diferenças entre as áreas, observa-se os maiores valores na camada de 0-10 cm.

Os valores da soma de bases (S), entre as áreas, variaram entre 0,92 a 7,36 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ na profundidade de 0-10 cm e de 0,20 a 1,16 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para a profundidade de 10-20 cm. Os teores do valor T variaram entre 15,64 a 28,08 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ na profundidade de 0-10 cm e de 10,74 a 19,42 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para a profundidade de 10-20 cm, de maneira.

Os valores de saturação por bases (V) variaram de 3,41 a 47,11 % na profundidade de 0-10 cm, e de 2,17 a 24,53% na camada subsequente. Os maiores valores de saturação por bases nas duas profundidades, devem-se aos maiores valores de bases trocáveis verificados, associados às menores concentrações de H^+Al^{3+} , que diretamente, influenciaram nos valores de V.

Tabela 1: Valores* de pH e dos componentes do complexo sortivo das áreas de Floresta Ombrófila Densa no do Parque Nacional do Itatiaia, RJ.

Parcelas	pH	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	Na ⁺	H+Al ³⁺	S	T	V %
	H ₂ O	mg kg ⁻¹	----- cmol _c /dm ³ -----								
0-10 cm											
1	4,49	11,15	0,95	1,05	0,04	1,30	0,01	16,36	2,05	18,41	11
2	4,98	12,51	2,25	1,55	0,06	0,50	0,01	13,06	3,87	16,92	22
3	3,76	10,46	0,45	0,45	0,03	4,00	0,00	26,42	0,93	27,36	3
4	4,13	9,78	1,35	1,25	0,04	2,90	0,01	25,43	2,65	28,08	9
5	5,01	8,55	2,40	2,80	0,05	0,20	0,01	18,34	5,26	23,60	22
6	4,09	3,65	0,80	0,70	0,03	1,80	0,00	17,68	1,53	19,21	8
7	5,53	3,65	4,95	2,35	0,06	0,20	0,00	8,27	7,36	15,64	47
8	4,13	5,28	0,55	0,65	0,02	1,30	0,01	17,60	1,23	18,82	7
9	4,24	4,05	0,35	0,55	0,02	1,30	0,00	18,50	0,92	19,43	5
10	4,19	6,51	0,60	0,70	0,03	2,80	0,00	22,30	1,33	23,64	6
Média	4,45	7,56	1,47	1,21	0,04	1,63	0,01	18,40	2,71	21,11	14
Desvio padrão	0,51	3,35	1,04	0,62	0,01	1,00	0,00	3,81	2,15	3,64	9,98
10-20 cm											
1	4,24	9,65	0,55	0,25	0,02	1,60	0,01	13,06	0,56	13,88	6
2	4,71	10,33	0,50	0,80	0,02	1,40	0,00	11,08	0,50	12,40	11
3	4,31	4,60	0,40	0,10	0,02	2,70	0,00	12,73	0,40	13,25	4
4	4,24	5,55	0,25	0,15	0,02	3,60	0,00	19,00	0,25	19,42	2
5	4,89	4,74	1,15	1,35	0,02	0,50	0,01	12,40	1,16	14,93	17
6	4,10	2,83	0,20	0,20	0,01	1,30	0,00	13,22	0,20	13,64	3
7	4,66	6,78	1,30	1,30	0,03	0,50	0,01	8,11	1,31	10,74	25
8	4,17	6,37	0,30	0,30	0,01	1,10	0,01	12,40	0,31	13,02	5
9	4,30	2,55	0,20	0,10	0,01	0,70	0,00	11,74	0,20	12,05	3
10	4,45	5,55	0,30	0,10	0,02	2,70	0,00	16,19	0,30	16,61	3
Média	4,41	5,90	0,52	0,47	0,02	1,61	0,01	12,99	0,52	13,99	8
Desvio padrão	0,25	2,42	0,29	0,41	0,00	0,83	0,00	1,90	0,40	1,80	5,80

4.1.1 Densidade do Solo, Carbono Orgânico Total, Estoque de Carbono, Estoque de nutrientes e Composição Granulométrica

Os valores de densidade do solo (Ds), carbono orgânico total (COT), estoque de carbono (Est C), estoque de fósforo (Est P), estoque de cálcio (Est Ca²⁺), estoque de magnésio (Est Mg²⁺), estoque de potássio (Est K⁺), estoque de sódio (Est Na⁺), estoque de alumínio (Est Al³⁺) e composição granulométrica (argila, silte e areia) são apresentados na Tabela 2.

4.1.2 Densidade do Solo (Ds)

Os valores de Ds aumentam em profundidade, observa-se que na camada de 0-10 cm houve uma variação entre 0,78 - 1,02 Mg m⁻³, tendo apresentado um valor médio de 0,87 Mg m⁻³. Já na camada de 10-20 cm a variação observada foi entre 0,87 e 1,04 Mg m⁻³, com média de 0,95 Mg m⁻³. A densidade do solo é, principalmente, influenciada por três fatores: desenvolvimento radicular, atividade da macrofauna e conteúdo de matéria orgânica do solo (GIÁCOMO et al., 2008; COUTINHO et al., 2010).

4.1.3 Carbono Orgânico Total (COT)

Quanto aos teores de COT entre as áreas, tendem a um decréscimo em profundidade exceto nas parcelas 3 e 4, que apresentaram um aumento da quantidade de COT em profundidade com os respectivos valores de 28,48 e 28,86 g kg⁻¹ para a camada de 0-10 cm e 33 e 36,68 g kg⁻¹ para a camada de 10-20 cm. Observa-se na camada de 0-10 cm a variação de 13,25 a 28,86 g kg⁻¹ e a média 21,13 g kg⁻¹ ao passo que a camada de 10-20 cm apresentou valores entre 9,41 e 36,68 g kg⁻¹ com média de 14,87 g kg⁻¹. Os valores de COT tem relação direta com o aporte de matéria orgânica no solo, uma vez que quanto mais próximo da superfície maior será a sua deposição e conseqüentemente maior será a quantidade de COT (LOSS et al., 2009).

4.1.4 Estoque de Carbono (Est C), Estoques de nutrientes (P, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ e Al³⁺) e Composição Granulométrica

Em relação ao estoque de carbono (Est C) presente no solo de cada unidade amostral verifica-se, assim como na análise de COT, que os maiores valores de Est C estão presentes nas amostras oriundas da camada com profundidade de 0-10 cm, exceto nas parcelas 3 e 4 as quais apresentaram respectivamente os seguintes valores de Est C 23,36 e 25,11 Mg ha⁻¹ para a camada de 0-10 cm e 30,36 e 36,31 Mg ha⁻¹ para a camada de 10-20. Quanto as demais parcelas, estão respectivamente, apresentaram na camada mais superficial (0-10 cm) os seguintes valores em ordem decrescente de Est de C expresso em (Mg ha⁻¹): parcela 1 (20,05); parcela 2 (18,78); parcela 6 (17,79); parcela 8 (16,51); parcela 5 (16,16); parcela 10 (16,12); parcela 9 (15,75) e parcela 7 (13,51). Ao passo que na camada de 10-20 cm a ordem decrescente dos teores de Est C para as parcelas correspondem a seqüência: parcela 1 (11,62); parcela 10 (10,89); parcela 2 (10,58); parcela 8 (9,88); parcela 6 (8,87); parcela 9 (8,75); parcela 5 (8,22) e parcela 7 (5,84). Vale observar que a média geral obtida de Est C para a profundidade de 0-10 cm foi de 14,13 Mg ha⁻¹ e para a camada de 10-20 cm corresponde a 7,68 Mg ha⁻¹. Os maiores teores de estoque de carbono presentes em profundidades mais próximas a superfície do solo é um padrão esperado, a julgar que as camadas superiores sofrem maior influência da matéria orgânica depositada pela floresta. (GATTO et al., 2010; FILHO et al., 2007).

Quanto aos valores de estoques de nutrientes estes aumentam significativamente com a profundidade. A magnitude média total, expressa em Mg.m⁻³, na camada de 0-10 cm, obedeceu a seguinte ordem: Est P (6,58) > Est Al (1,38) > Est Ca (1,35) > Est Mg (1,09) > Est K (0,03)

> Est Na (0,00). Já na profundidade de 10-20 cm observa-se uma sequência similar: Est P (11,25) > Est Al (3,05) > Est Ca (1,01) > Est Mg (0,93) > Est K (0,03) > Est Na (0,01).

Tabela 2: Valores* de Ds, COT, Estoques de C, P, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, Na⁺ e composição granulométrica do solo área de Floresta Ombrófila Densa no do Parque Nacional do Itatiaia, RJ.

Parcelas	Ds	COT	Est C	Est P	Est Ca ²⁺	Est Mg ²⁺	Est K ⁺	Est Al ³⁺	Est Na ⁺	Argila	Silte	Areia
	Mg/m ³	g/kg	Mg ha ⁻¹						----- g kg ⁻¹ -----			
0-10 cm												
1	0,85	23,59	20,05	9,47	0,81	0,89	0,03	1,11	0,01	666	239	95
2	0,86	21,83	18,78	10,76	1,94	1,33	0,05	0,43	0,00	325	518	157
3	0,82	28,48	23,36	8,58	0,37	0,37	0,02	3,28	0,00	414	542	44
4	0,87	28,86	25,11	8,51	1,17	1,09	0,03	2,52	0,01	440	284	276
5	0,95	17,01	16,16	8,13	2,28	2,66	0,05	0,19	0,01	83	397	325
6	0,78	22,8	17,79	2,84	0,62	0,55	0,02	1,40	0,00	703	233	64
7	1,02	13,25	13,51	3,72	5,05	2,40	0,06	0,20	0,00	505	56	174
8	0,92	17,94	16,51	4,86	0,51	0,60	0,02	1,20	0,01	734	193	73
9	0,87	18,1	15,75	3,53	0,30	0,48	0,02	1,13	0,00	811	114	75
10	0,83	19,43	16,12	5,40	0,50	0,58	0,02	2,32	0,00	543	357	100
Média	0,87	21,13	18,31	6,58	1,35	1,09	0,03	1,38	0,00	522	293	138
Desvio padrão	0,05	3,98	2,81	2,68	1,39	0,77	0,01	0,98	0,00	219	161	95
10-20 cm												
1	0,87	13,36	11,62	16,78	0,96	0,44	0,03	2,78	0,01	802	101	97
2	0,98	10,79	10,58	20,24	0,98	1,57	0,04	2,74	0,01	284	378	338
3	0,92	33	30,36	8,46	0,74	0,18	0,04	4,97	0,01	366	302	332
4	0,99	36,68	36,31	11,00	0,50	0,30	0,04	7,13	0,01	122	379	269
5	1,04	7,91	8,22	9,85	2,39	2,81	0,04	1,04	0,01	344	323	333
6	0,93	9,54	8,87	5,26	0,37	0,37	0,02	2,42	0,01	718	205	770
7	1,03	5,67	5,84	13,97	2,68	2,68	0,06	1,03	0,02	575	251	174
8	0,92	10,74	9,88	11,73	0,55	0,55	0,02	2,02	0,01	699	240	61
9	0,93	9,41	8,75	4,75	0,37	0,19	0,02	1,30	0,01	600	285	115
10	0,94	11,58	10,89	10,44	0,56	0,19	0,04	5,08	0,01	576	236	188
Média	0,95	14,87	14,13	11,25	1,01	0,93	0,03	3,05	0,01	509	270	198
Desvio padrão	0,04	7,99	7,68	4,80	0,83	1,04	0,01	2,03	0,00	219	83	111

4.2 Estoque de Serapilheira

O estoque de serapilheira variou de 7,50 a 3,33 Mg ha⁻¹, com média de 5,33 Mg ha⁻¹ (Tabela 3). Estes valores de serapilheira estão dentro da faixa esperada para fitofisionomias florestais secundárias de Mata Atlântica (MACHADO et al., 2015). Observa-se que o estoque de serapilheira acumulado foi de 53,33 Mg ha⁻¹. As estimativas e os respectivos desvios padrões da amostragem de serapilheira sugerem a homogeneidade de sua distribuição sobre o solo. Os maiores valores do estoque de serapilheira em formações florestais tendem a estar relacionados com o um alto grau de estágio sucessional, geralmente caracterizado por apresentar uma maior densidade, variabilidade de espécies e consequentemente uma maior produção de biomassa (DINIZ et al., 2015).

Tabela 3: Estoques de serapilheira em área de Floresta Ombrófila Densa Montana do Parque Nacional do Itatiaia, RJ.

Parcela	I	II	Média	Est
	Kg		Mg ha ⁻¹	
1	0,040	0,045	0,0425	4,72
2	0,035	0,025	0,0300	3,33
3	0,055	0,045	0,0500	5,56
4	0,055	0,050	0,0525	5,83
5	0,045	0,035	0,0400	4,44
6	0,075	0,060	0,0675	7,50
7	0,060	0,055	0,0575	6,39
8	0,030	0,045	0,0375	4,17
9	0,055	0,070	0,0625	6,94
10	0,040	0,040	0,0400	4,44
Total	0,490	0,470	0,4800	53,33
Média	0,049	0,047	0,0480	5,33
Desvio padrão	0,013	0,013	0,0120	1,33
Variância	0,00018	0,00016	0,00014	1,77

Legenda: I e II correspondem as amostras coletadas de serapilheira em kg e Est entende-se como estoque de serapilheira expresso em Mg ha⁻¹.

4.2.1 Estoque de macronutrientes na serapilheira

Quanto aos valores de estoque de N, P e K presentes na serapilheira, observa-se (Tabela 4) a distribuição da média dos teores obtidos nas duas amostras coletadas por unidade amostral.

Observa-se que as concentrações médias dos estoques obedecem a seguinte ordem de magnitude: Est P (11,34 Mg ha⁻¹) > Est N (4,50 Mg ha⁻¹) > Est K (0,55 Mg ha⁻¹). O conteúdo de fósforo foi cerca de 2, 5 vezes maior que o de nitrogênio e 20 vezes maior que o estoque de potássio, respectivamente. Folhas, galhos, frutos, flores e outros materiais que compõem a produção de serapilheira, corresponde a 60% da ciclagem de nutrientes em solos florestais (PONGGIANI, 2012; CARVALHO, 2019).

Os maiores teores de P e K quantificados na análise da serapilheira proveniente da floresta madura são compatíveis com a sua maior disponibilidade no solo desse trecho de floresta.

Os distintos teores obtidos são importantes, pois indicaram a influência das características edafoclimáticas na qualidade do solo no processo de sucessão (PONGGIANI, 2009).

Tabela 4: Valores* médios do Estoque (Est) de N, P e K presentes na serapilheira amostrada.

Parcela	Est N	Est P	Est K
	Mg.ha ⁻¹		
1	5,68	3,50	0,31
2	3,50	5,28	0,47
3	4,38	4,71	0,74
4	4,81	3,45	0,39
5	4,80	6,07	0,63
6	5,23	30,24	0,27
7	4,37	14,85	0,63
8	3,93	16,99	0,31
9	3,49	11,23	1,02
10	4,81	17,06	0,68
Total	44,99	113,38	5,46
Média	4,50	11,34	0,55
Variância	0,51	74,04	0,06
Desvio Padrão	0,72	8,60	0,24

Legenda: Estoque de nutrientes (N, P e K) da serapilheira expresso em Mg.h⁻¹.

4.3 Biomassa e estoques de C na vegetação

4.3.1 Inventário florestal: biomassa e estoque de carbono vegetal

O Inventário Florestal do trecho de Floresta Ombrófila Densa Secundária (100 ha) amostrou um total de 10 parcelas (20 x 20m), contemplando uma área amostral total de 0,4 ha. Ao todo foram inventariados 775 indivíduos arbóreos. Os resultados do processamento do inventário florestal, para as estimativas dos estoques de volume, biomassa e estoque de carbono são apresentados na tabela 5. A equação aplicada no inventário florestal apresentou bom desempenho estatístico, com erro amostral e coeficiente de variação de 19,44 e 33,60%, respectivamente, para as estimativas dos estoques de biomassa e estoques de carbono (Tabela 5). Estes resultados indicam que a intensidade amostral realizada foi satisfatória.

Tabela 5: Estimativas de volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação de um trecho de Floresta Ombrófila Densa secundária urbana do Parque Nacional do Itatiaia, RJ.

Parâmetros/estimativas	Média	IC	CV (%)	EA (%)	Total	
Biomassa parte acima do solo (Mg ha ⁻¹)	205,5	8,22	±39,95	33,60	19,44	267,15
Biomassa raízes (Mg ha ⁻¹)	61,65	2,47	±11,98	33,60	19,44	

Est de C parte aérea (Mg ha ⁻¹)	100,69	4,03	±19,57	33,60	19,44	130,89
Est de C raízes (Mg ha ⁻¹)	30,20	1,21	±5,87	33,60	19,44	

Legenda: IC = Intervalo de Confiança; CV = Coeficiente de Variação; EA= Erro de amostragem

A quantificação da biomassa média das unidades amostrais estocada acima do nível do solo foi estimada em 8,22 Mg ha⁻¹ (Tabela 5). A biomassa total estimada para o trecho de floresta estudado foi de 205,5 Mg ha⁻¹ (± 39,95 Mg ha⁻¹). Considerando a cobertura total de floresta do trecho avaliado, estima-se que o estoque de carbono total da vegetação viva acima do nível do solo é de 100,69 Mg ha⁻¹ (±19,57 Mg ha⁻¹) (Tabela 5).

Ao comparar os dados de biomassa e estoque de carbono acima do solo desse estudo com trabalhos realizados em mesma fitofisionomia - Floresta Ombrófila Densa -, é possível observar que os valores apresentam a mesma magnitude (Tabela 6). As diferenças encontradas nas estimativas da biomassa e estoques de carbono estão provavelmente relacionadas com o estágio sucessional (DINIZ et al., 2015), variações de altura e de DAP, densidade de indivíduos por hectare e composição florística (CHAVES et al., 2005; NOGUEIRA et al., 2008). Além disso, estudos realizados em florestas tropicais relatam que as variações nas estimativas de biomassa são decorrentes de diferenças regionais de fertilidade do solo, topografia e alterações antrópicas (URQUIZA-HAAS et al., 2007; ALVES et al., 2010), além de características da comunidade florestal, como as variações da altura do dossel, densidade média da madeira e composição florística (NOGUEIRA et al., 2008).

Tabela 6: Estimativa de biomassa aérea em diferentes localidades de Floresta Ombrófila Densa do Estado do Rio de Janeiro.

Local	Município	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Autor
Parque Estadual do Desengano	Santa Maria Madalena	148,4-167,9	Cunha et al., 2009
Reserva Ecológica de Guapiaçu e Parque Nacional da Serra dos Órgãos	Guapimirim e Teresópolis	250,4-313,5	Lindner; Satter, 2012
Parque Nacional da Serra dos Órgãos	Teresópolis	276,3-663,5	Lindner, 2010
Área de Proteção Ambiental do Rio Macacú	Cachoeiras de Macacú	36,0-199,0	Lima, 2010

4.3.2 Biomassa e carbono das raízes

Outro ponto a ser destacado é o potencial do sistema radicular das florestas em produzir biomassa e estocar carbono. As unidades amostrais apresentaram um estoque de biomassa radicular médio e total na ordem de 2,47 e 61,65 Mg ha⁻¹ (± 11,98 Mg ha⁻¹), respectivamente. A biomassa total estimada equivale à um total de 30,20 Mg ha⁻¹ de estoque de carbono para o trecho de floresta avaliado (Tabela 5). Paiva & Faria (2007) ao realizarem um estudo do estoque de carbono sob solo de Cerrado *sensu stricto* revelam que o sistema radicular foi responsável por 7,6% do carbono do solo. Diniz et al. (2015) discorrem que em regiões tropicais, os solos sob florestas apresentam um alto potencial de sequestrar carbono devido à biomassa depositada na forma de manta orgânica e de raízes mortas.

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo, fica evidente a importância de se avaliar indicadores ambientais que possam ser aplicados como parâmetros de avaliação ecológica e ambiental. Estes resultados indicam a importância destas formações florestais secundárias como sumidouros do estado.

Os métodos empregados foram eficazes para as estimativas de estoque de carbono da biomassa aérea e edáfica do trecho de Floresta Ombrófila Densa Montana do Parque Nacional do Itatiaia. A magnitude de estoque de carbono na vegetação se apresentou em ordem crescente de Biomassa aérea $> (100,69 \text{ Mg ha}^{-1}) > \text{raízes} > (30,44 \text{ Mg ha}^{-1})$ e para solos $(324,46 \text{ Mg ha}^{-1})$. No total, compondo os dois compartimentos – vegetação acima do solo e raízes – foi estimado um estoque de carbono de $131,13 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Quanto aos valores de estoques de nutrientes no solo estes aumentam significativamente com a profundidade. A magnitude média total nas camadas obedeceu a seguinte ordem: Est P $(178,28 \text{ Mg.m}^{-3}) > \text{Est Al} (30,72 \text{ Mg.m}^{-3}) > \text{Est Mg} (20,21 \text{ Mg.m}^{-3}) > \text{Est Ca} (15,15 \text{ Mg.m}^{-3}) > \text{Est K} (9,61 \text{ Mg.m}^{-3}) > \text{Est Na} (0,14 \text{ Mg.m}^{-3})$.

Em relação ao estoque de NPK presente na serapilheira, verifica-se que o mais abundante foi o P $(11,34 \text{ Mg.ha}^{-1})$, isto corresponde a aproximadamente 69% do total de macronutrientes contidos na serapilheira. A magnitude total do conteúdo de macronutrientes na serapilheira foi de: $P > N > K$.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, é possível verificar que os valores do estoque de biomassa, na diferente formação florestal avaliada neste estudo, corroboram aos trabalhos realizados nas diversas formações florestais da Floresta Atlântica. Seguindo um padrão de aumento desses atributos em função do estágio sucessional da floresta. Esse padrão indica que a floresta aqui estudada, mesmo sob processos de restauração passiva, é de grande relevância no contexto da qualidade ambiental, pois uma vez restaurada sua funcionalidade será capazes de gerar serviços ecossistêmicos de provisão como a produção e qualidade de água e a ciclagem de nutrientes, bem como serviços de regulação ambiental como controle de erosão e de enchentes. Além disso, no contexto das mudanças climáticas, a conservação de áreas secundárias se torna necessário, pois foi evidenciada sua capacidade de sequestrar carbono atmosférico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, L. F.; VIEIRA, S. A.; SCARANELLO, M. A. S.; CAMARGO, P.B.; SANTOS, F. A. M.; JOLY, C. A.; MARTINELLI, L. A. Forest structure and live aboveground biomass along an elevational gradient of tropical forest (Brazil). **Forest Ecology and Management**, v. 260, n. 5, p. 679-691, 2010.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BARBOSA, R. R. N.; SILVA, A. A.; NEVES, G. M.; GALVÃO, A. R. A.; NETO, O. F. C. Produção e sequestro de carbono na atmosfera. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1783-1798, 2013.
- BARRETO, C. G.; CAMPOS, J. B.; ROBERTO, D. M.; TEIXEIRA, N.; ALVES, G. S. G. & COELHO, W. **Plano de manejo Parque Nacional do Itatiaia**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnaitatiaia/>, 2013.
- BERNOUX, M.; CARVALHO, M. S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. Brazil's soil carbon stocks. **Soil Science Society of America Journal**, v. 66, n. 3, p. 888 - 896, 2002.
- CHAPIN III, F. S.; MATSON, P. A.; MOONEY, H. A. **Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology**. Berlin: Germany: Springer-Verlag, 2002, 436 p.
- CHAVES, J.; ANDALO, C.; BROWN, S.; CAIRNS, M. A.; CHAMBERS, J. Q.; EAMUS, D.; FÖLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, T.; LESCURE, J.-P.; NELSON, B. W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIÉRA, B.; YAMAKURA, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, v. 145, n. 1, p. 87-99, 2005.
- COUTINHO, R. P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; TORRES, A. Q. A.; JANTALIA, C. P. Estoque de carbono e nitrogênio e emissão de N²O em diferentes usos do solo na Mata Atlântica. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 195 - 203, 2010.
- COSTA, O. V.; CANTARUTTI, R. B.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M. D.; NACIF, P. G. S.; FARIA, J. C. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1137-1145, 2009.
- COTTA, M. K.; JACOVINE, L. A. G.; PAIVA, H. N.; SOARES, C. P. B.; VIRGENS FILHO, A. C.; VALVERDES, S.R. Quantificação de biomassa e geração de certificado de emissões reduzidas no consórcio seringueira-cacau. **Árvore**, v. 32, p. 969-978, 2008.
- DELGADO, R. C.; PEREIRA, M. G.; TEODORO, P. E.; SANTOS, G. L.; CARVALHO, D. C.; MAGISTRALI, I. C.; VILANOVA, R. S. Seasonality of gross primary production in the Atlantic Forest of Brazil. **Global Ecology and Conservation**, v. 14, p. 2-12, 2018.
- CARVALHO, H. C. S.; FERREIRA, J. L. S.; FRANCINE, C.; SILVA-NETO, C. M. Estoque de nutrientes na serapilheira acumulada em quatro tipos de vegetação no Cerrado em Goiás, Brasil. **Ecology and Forest Nutrition**, Santa Maria-RS, v.7, n. 6, 2019.
- DIAS FILHO; BERNARDINO, M. A fotossíntese e o aquecimento global. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2006.

- DINIZ, A. R.; MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. D. C.; MENEZES, C. E. G. Biomassa, estoques de carbono e de nutrientes em estádios sucessionais da Floresta Atlântica, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, p. 443–451, 2009.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. **Manual de métodos de análises de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011, 230 p.
- DOS SANTOS, K. F.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; DE SOUZA WERNER, R.; WOLSCHICK, N. H.; MOTA, J. M. Teores e estoques de carbono orgânico do solo em diferentes usos da terra no Planalto Sul de Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 2, p. 222-229, 2019.
- EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos. **Manual de Métodos de análise de solo**, 2ª ed. ver. atual. Rio de Janeiro, p, 212, 1997.
- FERRAZ, V. D.; MOTTA, M. S.; PITOMBEIRA, M. K.; RIBEIRO, S. C.; DA PAZ, A. L.; CARDOSO, L.; HELlich, R. F. F. Brigadas Voluntárias no Mosaico de Unidades de Conservação da Mantiqueira. **Biodiversidade Brasileira**, v. 30, n. 1, 2019.
- FILHO, N. P. J.; SELVA, C. E.; COUTO, G. E.; LEHMANN, J.; JOHNSON, S. M. & RIHA, J. S.- Distribuição Espacial de Carbono em Solo Sob Floresta Primária na Amazônia Meridional, **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.83-92, 2007.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2008 - 2010. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2011, 122 p.
- GATTO, A.; BARROS, N. F. D.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R. D.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; VILLANI, E. M. D. A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1069-1079, 2010.
- GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M.G.; BALIEIRO, F.C. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição das frações húmicas no solo sob diferentes coberturas florestais. **Embrapa Solos- Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.
- GIBBS, H. K.; BROWN, S.; NILES, J. O.; FOLEY, J. A. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. **Environmental Research Letters**, v. 2, n. 4, p. 1 - 13, 2007.
- GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Carbono, nitrogênio e abundância natural de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em uma cronossequência de agricultura sob plantio direto no cerrado Goiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1135-1142, 2014.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: **Manual técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2 ed. 2012, 271p.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007: **Climate change impacts, adaption and vulnerability**. Disponível em: <http://ipcc.ch/>. Acesso em: 19/10/2020.
- KOEHLER, A.; GALVÃO, F.; LONGHI, S.J. Floresta Ombrófila Densa Altomontana: aspectos florísticos e estruturais de diferentes trechos na Serra do Mar, PR. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 27-39, 2002.

LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **Forest ecology and management**, v. 220, n. 1-3, p. 242-258, 2005.

LIMA, J. A. S. Biomass estimations for secondary forests from the environmental protection area of Macacu river (state of Rio de Janeiro). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento-Embrapa Solos**, n. 163, 2010.

LIMA, J. A. S.; KINDEL, A.; CARMO, C. A. F. S.; MOTTA, P. E. F. **Composição, estrutura e biomassa de fragmentos florestais**. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. (Eds.). Sequestro de carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural. Viçosa: UFV, 2006. p.112-134.

LIMA, E. P.; ANDRADE, R. G.; SEDIYAMA, G. C.; DELGADO, R. C.; FERREIRA, A. S.; CAPUTI, E.; FERREIRA, W.J. Estudo da evapotranspiração real diária utilizando imagem de satélite na bacia do rio Paracatu. In: **Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 2., 2009, Taubaté. Taubaté: UNITAU, 2009., 2009.

LIMA, M. A.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; MACHADO, P. L. O. A.; URQUIAGA, S. **stoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. Brasília: Embrapa, 2012, 347 p.

LINDNER, A.; SATTER, D. Biomass estimations in forests of different disturbance history in the Atlantic Forest of Rio de Janeiro, Brazil. **New Forests**, v. 43, n. 3, p. 287-301, 2012.

LOPES, M. I. M.; DOMINGOS, M.; VUONO, Y. S. Ciclagem de nutrientes. In: SYLVESTRE, L. S.; ROSA, M. M. T. **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica**. Seropédica: EDUR, 2002, 123 p.

LOPES, R. B.; MIOLA, D. T. B. Sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do Cerrado. **Revista Digital FAPAM**, Pará de Minas, v.2, n.2, 127-143, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Ciência Rural**, Seropédica, v. 39, p. 78 - 83, 2009.

LUNG, M.; ESPIRA, A. The influence of stand variables and human use on biomass and carbon stocks of a transitional African forest: Implications for forest carbon projects. **Forest Ecology and Management**, v. 351, p. 36-46, 2015.

MACHADO, D. L.; PEREIRA M. G.; CORREIA, M. E. F.; DINIZ, A. R.; SANTOS, L. L.; MENEZES, C.E. G. Ciclagem de nutrientes em diferentes estádios sucessionais da Mata Atlântica na bacia do rio Paraíba do Sul, RJ. **Bioscience Journal**, v. 31, p. 1222-1237, 2015.

METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; DIXO, M.; BERNACCI, L. C.; RIBEIRO, M. C.; TEIXEIRA, A. M. G.; PARDINI, R. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1166 - 1177, 2009.

M. M. A. Ministério do Meio Ambiente. Agenda ambiental na administração pública. Brasília. disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidadesocioambiental/a3p/item/8852>, v. 73, 2007.

- MIRANDA, J. I. Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas. Brasília: **EMBRAPA**, 2010, 425 p.
- MITTERMEIER, R. A.; GIL, R. P.; HOFFMAN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOREUX, J.; FONSECA, G. A. B. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions, 2. ed. **University of Chicago Press**, Boston, 2005.
- NOGUEIRA, E. M.; YANAI, A. M.; FONSECA, F. O. R.; FEARNSIDE, P. M. Carbon stock loss from deforestation through 2013 in Brazilian Amazonia. **Global Change Biology**, v. 21, n. 3, p. 1271 - 1292, 2015.
- NOGUEIRA, E. M.; NELSON, B. W.; FEARNSIDE, P. M.; FRANÇA, M. B.; OLIVEIRA, A. C. A. Tree height in Brazil's "arc of deforestation": shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 7, p. 2963-2972, 2008.
- ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Fundação Calouste Gulbenkian, 6 ed. 2004, 595 p.
- PAIVA, A. O.; FARIA, G. E. Estoque de carbono do solo sob cerrado sensu stricto no Distrito Federal, Brasil. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, v.1, n.1, p.59, 2007.
- PINTO SOBRINHO, F. de A.; CHRISTO, A. G.; GUEDES-BRUNI, R. R. Fitossociologia do componente arbóreo num remanescente de floresta ombrófila densa submontana limítrofe a reserva biológica do Tinguá, Rio de Janeiro. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 1, p. 111-124, 2010.
- POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em florestas do Brasil. **Ecologia de florestas Tropicais do Brasil. 2ªed. Universidade Federal de Viçosa**, v. 6, p. 175-251, 2012.
- SANTOS, G. L. D.; PEREIRA, M. G.; CORRÊA NETO, T. D. A.; MENDONÇA, V. M. M.; MENEZES, C. E. G. Ciclagem de nutrientes em diferentes condições topográficas em Floresta Estacional Semidecidual, Pinheiral-RJ. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 4, p. 1737-1747, 2019.
- SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; ACERBI JÚNIOR, F. W. **Inventário Florestal de Minas Gerais** - Equações de volume, peso de matéria seca e carbono para diferentes fisionomias da flora nativa. Lavras: UFLA; 2008.
- SILVA, B. B. D.; GALVÍNCIO, J. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MACHADO, C. C. C.; OLIVEIRA, L. M. M. D.; MOURA, M. S. B. D Determinação por sensoriamento remoto da produtividade primária bruta do perímetro irrigado São Gonçalo-PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 1, p. 57-64, 2013.
- SILVA, L. C.; ARAÚJO, E. J. G; CURTO, R. A.; NASCIMENTO, A. M.; ATAÍDE, D. H. S.; MORAIS, V. A. Estoques de biomassa e carbono em unidade de conservação no Bioma Mata Atlântica. **Biofix Scientific Journal**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 243-251, 2018.
- SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, v. 38, n. 1, 2008..
- SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHAN, R.; ALBES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.76, p. 39 - 58, 2004.

SNUC. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. 2000. Lei Federal n. 9.985/2000. 13 p. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LeIs/L9985.htm>. Acesso em: 22 de dezembro de 2019.

SOUTHWORT, J.; RIG, L.; GIBBE, C.; WAYLE, P.; ZH, L.; MCCARRAGHE, S.; LIN C. Integrating dendrochronology, climate and satellite remote sensing to better understand savanna landscape dynamics in the Okavango Delta, Botswana. **Land**, v. 2, p. 637 - 655, 2013.

SOUZA, M. C.; BIUDES, M. S.; DANELICHEN, V. H. M.; MACHADO, N. G.; MUSIS, C. R.; VOURLITIS, G. L.; NOGUEIRA, J. SOUZA. Estimation of Gross Primary Production of the Amazon-Cerrado transitional forest by remote sensing techniques. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, p. 01 - 12, 2014.

ROSSO, M. F. Produção e acúmulo de serapilheira em Floresta Ombrófila Densa, Criciúma, Santa Catarina. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciências Biológicas) - **Universidade do Extremo Sul Catarinense**, Criciúma, 2011. 32 f.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRS - **Boletim técnico de solos**, n. 5, 1985, 188 p.

TOMZHINSKI, G. W. T.; COURA, P. H. F.; DO COUTO FERNANDES, M., MANOEL. Avaliação da detecção de focos de calor por sensoriamento remoto para o Parque Nacional do Itatiaia. **Biodiversidade Brasileira-Bio**, Brasil, n. 2, p. 201-2011, 2011.

URQUIZA-HAAS, T.; DOLMAN, P. M.; PERES, C. A. Regional scale variation in forest structure and biomass in the Yucatan Peninsula, Mexico: Effects of forest disturbance. **Forest Ecology and Management**, v.247, n.1-3, p.80-90, 2007.

YOEMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1467 - 1476, 1988.