



**BRUNO ANDRADE RIBEIRO**

**ESTRUTURA E DINÂMICA DE CARBONO ACIMA DO SOLO  
EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL  
SEMIDECIDUAL**

**LAVRAS – MG  
2023**

**BRUNO ANDRADE RIBEIRO**

**ESTRUTURA E DINÂMICA DE CARBONO ACIMA DO SOLO EM UM  
FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

Samuel José Silva Soares da Rocha  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2023**

**BRUNO ANDRADE RIBEIRO**

**ESTRUTURA E DINÂMICA DE CARBONO ACIMA DO SOLO EM UM  
FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

**ABOVEGROUND CARBON STRUCTURE AND DYNAMICS IN A SEMI-  
DECIDUAL SEASONAL FOREST FRAGMENT**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 12 de julho de 2023

Samuel José Silva Soares da Rocha	UFLA
Lucas Rezende Gomide	UFLA
Carolina Souza Jarochinski e Silva	UFLA

Samuel José Silva Soares da Rocha  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2023**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me permitir a conclusão de uma fase importante da minha vida e ter me amparado a todo tempo, me fazendo entender que nem sempre os acontecimentos são da forma que almejamos e que, naquele momento, podemos ficar até aflitos, mas que tudo acontece por um propósito e sempre podemos evoluir com isso.

Aos meus pais, Guilherme e Ivonise, por me trazerem a oportunidade da vida, amparando no meu crescimento como ser humano e desenvolvimento do meu caráter, que sem dúvidas foi algo fundamental para que hoje eu esteja concluindo um curso superior. Obrigado por todos momentos memoráveis e felizes que me proporcionaram. Gratidão e carinho, amo vocês!

À minha companheira de vida Letícia, que me ajuda com os conselhos, parceria, carinho. Obrigado por ser a pessoa que está comigo nos momentos bons e ruins e que alivia qualquer dor que eu esteja enfrentando, me fazendo rir e descontraír, o que faz com que eu leve a vida de uma forma mais leve. Te amo!

Aos meus colegas de sala e amigos que estiveram do meu lado nos momentos difíceis da graduação, obrigado pelo apoio e auxílio, foi muito importante para mim.

Ao meu orientador Samuel, que sempre esteve à disposição para me auxiliar no que fosse necessário, por me explicar e solucionar minhas dúvidas e também por conduzir este trabalho de uma forma leve, sempre buscando me tranquilizar. Obrigado pela dedicação.

Aos meus avós, e família em geral, desde que nasci são bem presentes em minha vida e auxiliaram bastante na minha criação e sem dúvidas são pessoas muito importantes que eu posso contar com eles para tudo que eu precisar. Obrigado por estarem na minha vida.

Aos professores Lucas e Carolina por participarem da banca de avaliação e disponibilizar um tempo para deixar o trabalho com uma melhor estrutura e fundamentação.

À Universidade Federal de Lavras, pelas oportunidades e infra estrutura, que melhora a qualidade da minha formação como profissional.

Obrigado a todos os envolvidos!

## RESUMO

As mudanças climáticas e o desequilíbrio dos ecossistemas têm se tornado um assunto comum entre nós, onde são destacados os aumentos da taxa de mortalidade da diversidade e fenômenos naturais. Dentre as diversas formas de mitigação dos danos causados pelos seres humanos, existe uma medida promissora que é a compensação do carbono emitido através da recuperação e proteção de áreas florestais, que são capazes de sequestrar o CO<sub>2</sub> da atmosfera. O objetivo deste estudo foi quantificar, realizar análises comparativas, avaliar e monitorar as alterações no estoque de carbono, em um período de três décadas de um fragmento denominado “Matinha”, uma Floresta Estacional Semidecidual, pertencente à UFLA, na cidade de Lavras, Minas Gerais. Para isto, foi realizado inventário florestal das árvores no local. Durante os anos de mensuração, o DAP teve altura a 1,30 metros do solo e as árvores foram identificadas botanicamente. Com estes dados foram realizados diversos cálculos. Como resultado, constatou-se que o fragmento se encontra em estágio médio de regeneração com espécies lenhosas apresentando DAP médio de 10 a 20 centímetros, e uma tendência de decréscimo de indivíduos e fustes ao longo do tempo, devido à capacidade de auto desbaste que se dá pela competição por espaço e morte natural de espécies menos prevaletidas. As espécies *Xylopia brasiliensis* e *Copaifera langsdorffii* apresentaram maior valor de importância, em percentual, no ecossistema, obtendo o valor de 38,03 e 34,73, respectivamente. A taxa de recrutamento apresentou um fluxo contínuo. Já a taxa de mortalidade apresentou taxas mais variadas ao longo dos anos, sendo que ao fim do estudo pode-se observar que o recrutamento total foi de 58,92 MgC.ha<sup>-1</sup> e a mortalidade foi de 232,08 MgC.ha<sup>-1</sup>. Com relação ao crescimento dos indivíduos da floresta, pode-se dizer que houve um aumento significativo do incremento total bruto alcançando o valor de 493,12 e o incremento líquido de 261,04. Os resultados evidenciam que, apesar de perdas naturais, a “Matinha” apresenta um saldo positivo, sendo capaz de se autorregenerar e manter a sua capacidade de armazenamento de carbono.

**Palavras-chave:** Mata Atlântica, Biomassa, Mudanças climáticas.

## ABSTRACT

Climate change and ecosystem imbalance have become common topics among us, highlighting the increase in mortality rates of biodiversity and natural phenomena. Among the various ways to mitigate the damages caused by humans, there is a promising measure: carbon offset through the recovery and protection of forested areas, which can sequester CO<sub>2</sub> from the atmosphere. The objective of this study was to quantify, perform comparative analyses, evaluate, and monitor changes in carbon stock over three decades in a fragment called "Matinha," a Semideciduous Seasonal Forest belonging to UFLA, located in the city of Lavras, Minas Gerais. To achieve this, a forest inventory of the trees on-site was conducted. During the measurement years, diameter at breast height (DBH) and tree botanical identification were recorded. Several calculations were performed using this data. As a result, it was found that the fragment is in a medium regeneration stage, with woody species exhibiting an average DBH of 10 to 20 centimeters and a tendency for a decrease in individuals and stems over time, due to self-thinning resulting from competition for space and the natural death of less-prevalent species. *Xylopia brasiliensis* and *Copaifera langsdorffii* species showed the highest importance value, in percentage, in the ecosystem, with values of 38,03 and 34,73, respectively. The recruitment rate showed a continuous flow, while the mortality rate varied more over the years. At the end of the study, the total recruitment (in biomass) was 58,92 MgC.ha<sup>-1</sup>, and the mortality was 232,08 MgC.ha<sup>-1</sup>. Regarding forest growth, there was a significant increase in the gross total increment, reaching a value of 493,12, and the net increment was 261,04. The results demonstrate that despite natural losses, "Matinha" has a positive balance, capable of self-regeneration and maintaining its carbon storage capacity.

**Keywords:** Atlantic Forest, Biomass, Climate changes.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
2.1	<b>Estoque de carbono pelas florestas.....</b>	<b>10</b>
2.2	<b>Estimativa do estoque de carbono .....</b>	<b>11</b>
2.3	<b>Estrutura e dinâmica florestal .....</b>	<b>12</b>
2.3.1	<b>Estrutura Horizontal.....</b>	<b>12</b>
2.3.2	<b>Quantificação de mortalidade, recrutamento e crescimento.....</b>	<b>14</b>
2.3.2.1	<b>Mortalidade .....</b>	<b>14</b>
2.3.2.2	<b>Recrutamento .....</b>	<b>15</b>
2.3.2.3	<b>Crescimento .....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
3.1	<b>Área de estudo .....</b>	<b>17</b>
3.2	<b>Coleta de dados .....</b>	<b>18</b>
3.3	<b>Análise dos dados .....</b>	<b>18</b>
3.3.1	<b>Estrutura .....</b>	<b>18</b>
3.3.2	<b>Ingresso e Mortalidade.....</b>	<b>19</b>
3.3.3	<b>Dinâmica de Carbono.....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
4.1	<b>Caracterização Dendrométrica por ano .....</b>	<b>21</b>
4.2	<b>Estrutura.....</b>	<b>21</b>
4.3	<b>Dinâmica .....</b>	<b>23</b>
4.3.1	<b>Taxas de recrutamento e mortalidade.....</b>	<b>23</b>
4.3.2	<b>Taxas de crescimento .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas fazem parte de um dos grandes problemas relatados e debatidos pelos governos dos países (TEIXEIRA et al., 2021). Atualmente existe uma demanda urgente de desenvolvimento de mecanismos para que os países consigam se adaptar a este cenário (IPCC, 2021). As mudanças climáticas possuem tendências que evidenciam as seguintes consequências: i) precipitações intensas, conseqüentemente aumentando a ocorrência de inundações e deslizamentos, além de uma maior ocorrência de alagamentos nas cidades, proliferação de doenças e aumento do nível do mar; ii) crescimento no número de dias mais secos ao ano. Mesmo que aconteçam pequenas alterações na temperatura de um local, por seguimento o desequilíbrio do ecossistema pode vir a elevar a taxa de mortalidade da biodiversidade (NUTTO; WATZLAWICK, 2002).

Uma forma de mitigar os impactos negativos das mudanças climáticas é através do pagamento por serviços ambientais. Porque, incentivam os produtores a prestarem serviços positivos à natureza, de forma a gerarem lucros, cobrindo os interesses pessoais. Essa ação proporciona, direta ou indiretamente, melhores condições de vida para o ser humano, por ser um mecanismo econômico que segue o princípio de recompensar indivíduos através de incentivo financeiro para realizarem atividades de uso sustentável dos recursos naturais, levando em conta a conservação do ambiente de forma que mantenha as condições necessárias à vida e equilíbrio da biodiversidade como um todo (COSTA; COSTA, 2022).

Além desses pagamentos, pode-se destacar também o estabelecimento de áreas verdes urbanas tendo para a mitigação das mudanças climáticas, devido aos inúmeros benefícios adquiridos pela presença de árvores. Como, por exemplo, a ampliação da umidade relativa do ar, a diminuição da temperatura, a conservação da fauna e flora, redução de ruídos da cidade, sombras geradas pelas copas, produção de matéria prima que garantem um grande valor econômico, proteção das águas superficiais e subterrâneas (PAN, 2011), estabilização e resguardo contra a erosão do solo, (MARTELLI; CARDOSO, 2018) e por último a eliminação de gases causadores do efeito estufa da atmosfera através do sequestro e compensação do dióxido do carbono (SANQUETTA et al., 2011). Sendo assim, o bem-estar social e a qualidade de vida é diretamente proporcional a progressão das áreas verdes em escala rural e urbana (GONÇALVES, 2018).

Em adição aos variados serviços ambientais prestados pelas áreas verdes, uma função de extrema importância e funcionalidade quando se trata de armazenamento de carbono é aquele exercido pelas florestas, visto que ela é a grande responsável pela fixação de CO<sub>2</sub> da

atmosfera em sua biomassa, por influência da fotossíntese. Proporcionando, então, um serviço de sequestro e estocagem de carbono que é importante no equilíbrio e balanço de carbono em escala global (SCHUMACHER; WISTSCHORECK, 2004; TEFAYE et al., 2016).

O estoque de carbono oriundo da floresta é definido por três fatores: i) variedades e propriedades de cada espécie da vegetação, uma vez que as diferentes propriedades das espécies aumentam esse estoque devido ao uso eficiente de recursos (ZHANG; CHEN; REICH, 2012) e capacidade de armazenamento de carbono de espécies mais dominantes (GRIMES, 2002); ii) circunstâncias em que o ambiente se encontra, no qual o clima e o solo afetam e controlam a composição florística (QUESADA et al., 2012; STEGEN et al., 2011), que por consequência também afetam na capacidade de armazenar o carbono (ENGELBRECHT et al., 2007; TOLEDO et al., 2012) e; iii) distúrbios causados pelas ações humanas. Como um todo, os estoques de carbono se referem ao quanto de CO<sub>2</sub> captado da atmosfera foi retido na biomassa das árvores, incluindo folhas, galhos, trocos e raízes.

O setor florestal no Brasil é uma grande promessa de compensação de carbono, se tornando mais concreto no evento de Convenção de Mudanças Climáticas das Nações Unidas (ONU-FCCC) em dezembro de 1997, onde foi estabelecido o Protocolo de Kyoto, cujo objetivo seguiu a linha da redução das emissões de gases em 5,0% entre 2008 a 2012, no qual foi criado, no Artigo 12, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (FEARNSIDE, 2000).

A partir desse marco, projetos de recuperação florestal e também de reflorestamento obtiveram destaque na mitigação dos gases causadores do efeito estufa. Hoje em dia, tal protocolo foi substituído pelo Acordo do Clima de Paris, realizado na COP no ano de 2015, sendo assinado e ratificado pelo governo do Brasil (CAMPOS; RANDO; FERRÃO, 2022).

O crescimento desenfreado das indústrias é responsável pelo aumento da poluição, entre elas o aumento da emissão de CO<sub>2</sub> e consumo em excesso de recursos naturais. Na presença deste cenário, as empresas começaram a considerar o desenvolvimento sustentável e o meio ambiente em suas tomadas de decisões, por imposição de leis e competição no comércio a partir do momento em que os consumidores tomaram consciência na escolha de produtos que não prejudicassem a natureza (BARBIERI, 2016).

As empresas, nas mais variadas áreas de atuação, estão buscando o estudo e o preparo para realizar as medidas mitigadoras (LIU et al., 2011), adaptando-se a esta realidade através de práticas e pensamentos ecologicamente corretos nos processos industriais, de forma a minimizar o uso de matéria-prima, energia, água, além da redução de resíduos a serem descartados, emissões e efluentes (BARBIERI, 2016). Como alternativa, diversas empresas estão adotando ao mercado de compensação de carbono. Tal compensação se dá através de

projetos de recuperação e proteção de áreas florestais, que são capazes de sequestrar CO<sub>2</sub> da atmosfera, ocorrendo então uma compensação das emissões e poluições que acontecem no processo industrial. Além da compensação de emissões, o sequestro de carbono realizado pelas áreas florestais também pode ser negociado como crédito de carbono, uma forma de negociação entre as empresas que não atingiram os níveis de redução estabelecidos, gerando lucro para os empresários e benefícios ao planeta Terra.

Dessa forma, a quantificação precisa do armazenamento de carbono em florestas, ao longo dos anos, é crucial para evidenciar o potencial das mesmas para geração de créditos de carbono. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar e diagnosticar as alterações que ocorreram no fragmento florestal, denominado “Matinha”, em Lavras, Minas Gerais, durante um período de 30 anos de monitoramento.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Estoque de carbono pelas florestas

As florestas possuem seu destaque e importância devido à capacidade de sequestrarem CO<sub>2</sub> da atmosfera, através da fotossíntese, e então fixar o mesmo como forma de carbono na matéria lenhosa (CHANG, 2004). Por isso, atualmente, a quantificação do estoque de carbono contido nas florestas está em pauta em nível global, por ser essencial para implementar políticas de forma a mitigar as mudanças climáticas (SCOLFORO et al., 2015). Proporcionando, então, um serviço de sequestro e estocagem de carbono que é importante no equilíbrio e balanço de carbono em escala global (SCHUMACHER; WISTSCHORECK, 2004; TESFAYE et al., 2016).

As florestas armazenam 45% do carbono da Terra, sendo que 25% do carbono da biosfera terrestre são armazenados apenas nas florestas tropicais, e realizam a contribuição de 50% da produção primária líquida, sendo 33% de produção primária líquida efetuada pelas florestas tropicais, observando então que florestas tropicais conseguem sequestrar e estocar uma grande quantidade (BONAN, 2008).

Em nível global, as florestas da América Latina apresentam 49% da biomassa total de carbono, enquanto a Ásia possui 26% e a África 25% (SAATCHI et al., 2011). Em comparação ao resto do mundo, o Brasil tem posse de uma das maiores áreas de cobertura por floresta, conseqüentemente altos estoques de carbono. Todavia, o país apresenta uma das maiores taxas de perdas florestais (984000 ha/ano) (KEENAN et al., 2015).

A perda de carbono pode ser maior em uma floresta degradada do que desmatada (HOUGHTON, 2005). Tendo em vista a grande potencialidade que o Brasil possui quando o assunto é setor florestal e seu ótimo potencial de desenvolvimento devido às condições territoriais e climáticas ideais, é necessário que haja uma diminuição da degradação e desmatamento das florestas e aumento de projetos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas.

Tal aspecto pode ter uma ocorrência maior em um futuro próximo, combinando a garantia do estoque e sequestro de carbono com uma potencialização do mercado financeiro, afim de agregar valor às florestas em pé, através do mercado de créditos de carbono, bem discutido no cenário industrial atual.

## 2.2 Estimativa do estoque de carbono

A estimativa do estoque de carbono é alcançada pela biomassa florestal através da concentração de carbono que é avaliado em diferentes partes das árvores, folhas e raízes (HIGUCHI et al., 2004; PREISKORN, 2011). O carbono fica disposto em 5 formas diferentes que podem ser mensuradas, dentre elas: biomassa subterrânea (20 a 26% de carbono estocado); biomassa acima do solo (45 a 55% de carbono estocado); matéria orgânica do solo (20% de carbono estocado); serrapilheira (6 a 8% de carbono estocado) e também a madeira morta; (BROWN, 1997; QURESHI; PARIVA; HUSSAIN, 2012; TITO; LEÓN; PORRO, 2009; STÅHL et al., 2004).

As florestas jovens e em fase de crescimento fixam uma taxa maior de carbono quando comparado aos plantios maduros, que por sua vez já atingiu equilíbrio na absorção e liberação de carbono (AREVALO; ALEGRE; VILCAHUAMAN, 2002).

O valor quantitativo do estoque de carbono presente na floresta pode ser encontrado através do método direto ou indireto. Sendo o método direto um método destrutivo, ou seja, este método se dá na seleção de árvores, seguido pela sua derrubada na intenção de obter dados (SANQUETTA; BALBINOT, 2004). Após o corte, é realizada a separação de partes da árvore como troncos, galhos, folhas, flores, frutos e raízes, e então é realizada a pesagem de cada parte. Apesar de ser um método muito preciso em seus números, é considerado um método caro, pois depende de coleta e equipamentos de laboratório para ser realizado, além de causar danos à floresta, é também limitado, pois ele não é realizado em grandes áreas e nem em áreas protegidas (MACEDO, 2014), sendo, então, realizado apenas em áreas pequenas que possuem fácil acesso (BROWN; LUGO, 1992).

Com relação ao método indireto, é baseado em relações entre a biomassa e outras variáveis obtidas da árvore (ASRAT et al., 2020). Essas variáveis são mensuradas através do inventário florestal, equações alométricas, estudos fitossociológicos e imagens utilizadas através de sensoriamento remoto e SIG (Sistema de Informação Geográfica), além da utilização de equipamentos como a suta de medição, penta prisma, dentre outros. Normalmente, no inventário florestal, as variáveis utilizadas são a altura total das árvores (HT), que por sua vez possui um custo elevado e um tempo maior para ser obtido e devido a esses fatores é utilizado relações hipsométricas para predição da altura em todo o povoamento que está sendo trabalhado; e o diâmetro medido à altura do peito (DAP), que costuma ser a 1,3m acima do solo (BATISTA; COUTO; SILVA-FILHO, 2014; MACHADO; FILHO, 2003). No método indireto os custos para realizar as medições e coletar os dados são menores, mais fáceis de trabalhar e

não danifica a floresta, porém apresenta um resultado menos preciso quando é comparado ao método direto. Também é importante levar em consideração que as florestas tropicais possuem uma grande variedade de espécies e além disso uma grande variabilidade entre as mesmas espécies, causando variações entre as árvores, o que provoca um certo nível de dificuldade nas estimativas com grau perfeito do estoque de carbono da floresta tropical analisada.

## 2.3 Estrutura e dinâmica florestal

### 2.3.1 Estrutura Horizontal

Existem relações espaço/tempo entre as espécies vegetais dentro de um conjunto florestal, e o estudo dessas relações é definido como fitossociologia. Ou seja, se refere ao estudo do funcionamento, distribuição, estrutura, dinâmica, e relações ambientais desse conjunto (MARTINS, 1989).

Para realizar os levantamentos fitossociológicos, é necessário exercer uma coleta de dados da área de trabalho e uma análise dos mesmos, possibilitando, então, estabelecer a sua estrutura vertical (posição sociológica e regeneração natural), estrutura horizontal (densidade, frequência e dominância) e estrutura dendrométrica (distribuição diamétrica e distribuição de volume ou área basal por classe diamétrica) (CHAVES et al., 2013).

Com relação a estrutura horizontal:

i) Densidade: Número de árvores de cada espécie em determinada área, dividido em:

a) Densidade absoluta (DA): representa o número total de árvores de uma determinada espécie, por unidade de área.

$$DA_i = \frac{N_i}{\text{área}}$$

Onde:

$N_i$  = Número de árvores da espécie  $i$ ;

Área = Área total amostrada;

b) Densidade relativa (DR): representa a porcentagem do número de árvores de uma determinada espécie em relação ao total de árvores amostradas.

$$DR = \left( \frac{DA_i}{\sum_{i=1}^S DA_i} \right) 100$$

Onde:

$DA_i$  = Densidade absoluta da espécie  $i$ ;

$\sum_{i=1}^S N_i$  = Somatório do número de árvores de cada espécie;

ii) Frequência: se trata da ocorrência das espécies dentro das unidades amostrais, dividido em:

(a) Frequência absoluta (FA): representa a porcentagem de parcelas com ocorrência da espécie, em relação ao número total parcelas.

$$FA_i = \left( \frac{NP_i}{NP_T} \right) 100$$

Onde:

$NP_i$  = Número de parcelas que ocorrem a  $i$ -ésima espécie;

$NP_T$  = Número de parcelas amostradas;

(b) Frequência relativa (FR): representa a relação entre a frequência absoluta de cada espécie e a soma das frequências absolutas de todas as espécies amostradas.

$$FR_i = \left( \frac{FA_i}{\sum_{i=1}^S FA_i} \right) 100$$

Onde:

$FA_i$  = Frequência absoluta de cada espécie

$\sum_{i=1}^S FA_i$  = Soma da frequência absoluta de todas as espécies

iii) Dominância: é a taxa de ocupação do ambiente pelos indivíduos de uma espécie, obtida através da área basal que mostra quantos metros quadrados a espécie ocupa em uma certa área. Dividida em:

(a) Dominância absoluta (DoA): representa a somatória da área basal dos indivíduos de cada espécie.

$$DoA_i = 0,0000785398 \sum_{i=1}^{N_i} D_i^2$$

Onde:

$D_i^2$  = Diâmetro à altura do peito da espécie  $i$  elevado a 2;

(b) Dominância relativa (DoR): é a área basal total de uma espécie relacionada com a área basal total de todas as espécies da amostra.

$$DoR_i = \left( \frac{DoA_i}{\sum_{i=1}^S DoA_i} \right) 100$$

Onde:

$DoA_i$  = Dominância absoluta de uma espécie  $i$ ;

$\sum_{i=1}^S DoA_i$  = Somatório da dominância absoluta das espécies na área amostrada;

iv) Índice de valor de importância (IVI): se dá pela soma aritmética dos valores de densidade, dominância e frequência, com a função de indicar a importância da espécie em questão dentro de um povoamento, fazendo com que seja possível classificá-la pela sua importância, atingindo um valor máximo de 300.

$$IVI_i = DR_i + DoR_i + FR_i$$

v) Índice de valor de cobertura (IVC): utilizado para definir o grau de cobertura na comunidade florestal.

$$IVC_i = DR_i + DoR_i$$

### 2.3.2 Quantificação de mortalidade, recrutamento e crescimento

As florestas são formadas por árvores de espécies variadas, com tamanhos e idades diferentes em diversas condições ambientais, fazendo com que seja necessário modelar a produção e a dinâmica das florestas. Para realizar a modelagem e projeção da produção da mesma, utiliza-se três componentes fundamentais: mortalidade, recrutamento e crescimento.

#### 2.3.2.1 Mortalidade

A mortalidade é dividida em mortalidade regular e irregular, sendo a mortalidade irregular causada por contra tempos como doenças, pragas, incêndios, enchentes e seca, sendo imprevisível quando ocorrerá. Já a mortalidade regular é causada pelo envelhecimento e competição entre árvores, sendo previsível a sua ocorrência (LEE, 1971).

Quando se trata da morte por competição entre as espécies por condições naturais de sobrevivência como água, nutrientes e luz, é previsível pois essa disputa ocorre com maior intensidade em povoamentos densos e fechados, fazendo com que alguns indivíduos não consigam se desenvolver, sendo que tal fato não ocorre em povoamentos abertos.

As florestas, a princípio, quando exploradas, sofrem com uma alta ocorrência de mortalidade. Então, depois de um certo tempo, a tendência da floresta é estabilizar e retornar ao que era antes de ser explorada (SILVA, 1990).

Sanquetta et al. (2003) fizeram uma comparação com relação a dinâmica de duas florestas ombrófila mista no sul do Brasil e observaram que em um período de quatro anos a

taxa de mortalidade foi de 1,01% e em um período de seis anos a taxa apresentada foi de 1,9%, sendo que as causas das maiores ocorrências giravam em torno da competição entre as espécies.

Alder e Silva (2000), realizando estudos na floresta amazônica brasileira obtiveram dados que evidenciam que as árvores dominadas possuem mortalidade 1,7 vez maior do que as dominantes, enquanto as árvores com defeitos têm mortalidade 2,6 vezes maior. Com relação as árvores dominantes, a taxa variou de 0,5 % a 4,1 % ao ano. Concluindo que, nesse povoamento, não houve grupo de espécies em que a mortalidade das dominantes foi maior do que as dominadas, sendo a maioria das mortes causadas por falta de incidência de luz em espécies que precisam de uma incidência maior do que estavam recebendo.

Taxas de mortalidade foram estudadas em uma floresta semidecídua montana, por Pulz (1998), no Estado de Minas Gerais em períodos de quatro anos, obtendo taxa anual de 3,6%, cinco anos, obtendo taxa anual de 2% e nove anos, obtendo taxa anual de 2,3%. Sendo que as mortes se concentraram nas espécies com menores DAP e espécies com maior necessidade de luz.

### **2.3.2.2 Recrutamento**

Segundo Carvalho (1997), o recrutamento é a entrada de árvore em um povoamento, às vezes podendo ser confundido com a identificação de uma germinação. Sendo assim deve ser definido como o evento pelo qual as árvores pequenas atingem um tamanho mínimo de medição em um povoamento, como, por exemplo, em uma parcela permanente, após a primeira medição.

Diversos estudos de dinâmicas de florestas são realizados em nível mundial, e Phillips et al. (1994) estudaram a dinâmica das florestas tropicais utilizando de 25 sítios em quatro continentes com o objetivo de calcular as taxas de recrutamento, que, como resultado, definiram que variam de 0,397% a 2,827%, sendo os maiores na Amazônia peruana e na Costa Rica e os menores valores foram obtidos em Queensland (Austrália) e Belém (Pará).

Felfili (1995) em uma floresta do Cerrado próxima a Brasília, quantificou o recrutamento com uma taxa de 2,67% ao ano, sendo menor do que a taxa de mortalidade que apresentou 3,5% ao ano. A relação marcante entre mortalidade, recrutamento e a densidade de espécies reflete que o recrutamento compensa a mortalidade, mantendo a floresta conservada.

Segundo Scolforo et al. (1996), em uma Floresta Semidecídua localizada em Minas Gerais, observou uma taxa de 3% anual para o recrutamento, em observação de cinco anos. Além disto, também foi realizado outra pesquisa por Rolim, Couto e Jesus (1999) para floresta semidecídua no Espírito Santo e o recrutamento encontrado foi de 1,95% ao ano.

### 2.3.2.3 Crescimento

A quantificação do crescimento do povoamento pode ser realizada através de 5 formas diferentes:

- a) Incremento bruto do volume inicial:

$$V_2 + M + C - I - V_1$$

- b) Incremento bruto incluindo recrutamento:

$$V_2 + M + C - V_1$$

- c) Incremento líquido do volume inicial:

$$V_2 + C - I - V_1$$

- d) Incremento líquido incluindo recrutamento:

$$V_2 + C - V_1$$

- e) Mudança líquida no estoque do crescimento:

$$V_2 - V_1$$

Onde:

$V_1$  = volumes das árvores vivas na medição (primeira medição);

$V_2$  = volumes das árvores vivas na remedição (segunda medição);

$C$  = árvores que foram cortadas no período entre 2 inventários;

$M$  = árvores que foram mortas no período entre 2 inventários;

$I$  = volume de recrutamento em relação ao período inicial.

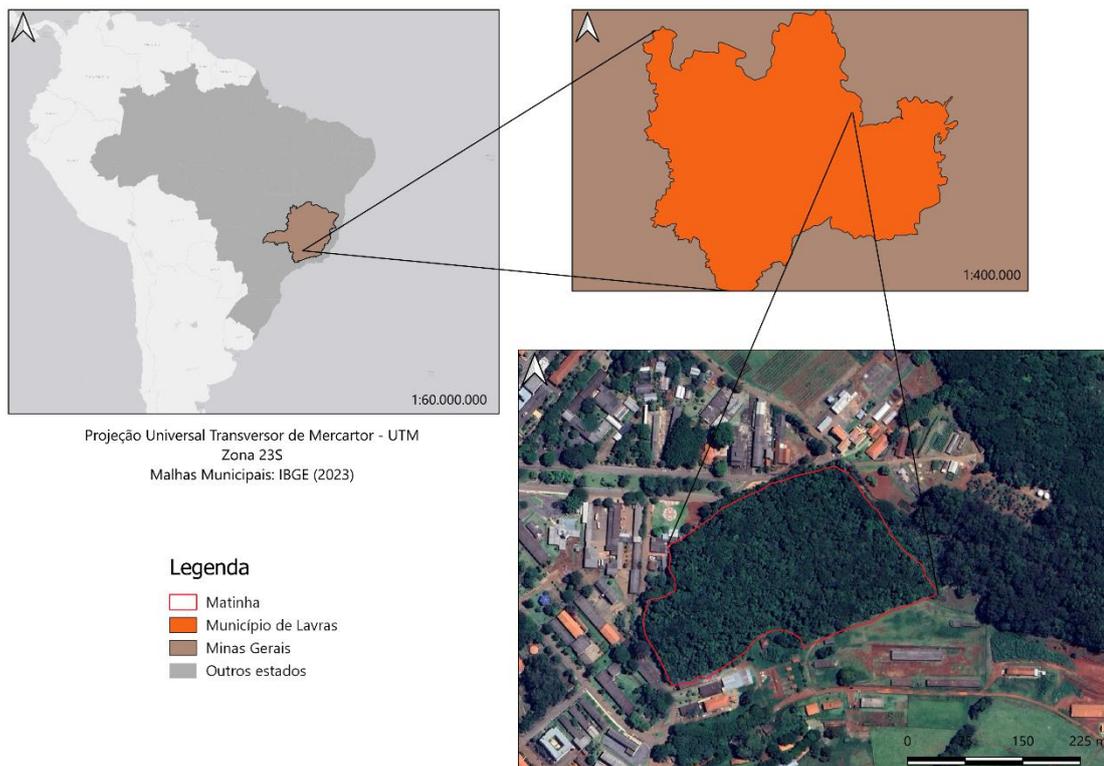
Scolforo (1997) descreveu que o crescimento em diâmetro na floresta não manejada situa-se entre 0,1 e 0,4 cm por ano, enquanto uma floresta manejada atingiu um aumento desta taxa para 0,6 a 1,0 cm por ano. Em uma Floresta Ombrófila Mista que se localiza no Paraná, os pesquisadores Pizzato (1999), Durigan (2013) e Schaaf (2001) calcularam a taxa de crescimento anual de 0,18; 0,34; e 0,25 cm por ano, respectivamente.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

O estudo foi feito em um remanescente da Mata Atlântica (denominado “Matinha”), que apresenta fitofisionomia característica de uma Floresta Estacional Semidecidual. O local se encontra no município de Lavras (Minas Gerais), mais especificamente em área pertencente à UFLA, Universidade Federal de Lavras, nas coordenadas 21°13'40" S e 44°57'50" W, com uma área total equivalente de 6,1 ha (Figura 1).

**Figura 1** - Mapa com delimitações da área de estudo (“Matinha” da Universidade Federal de Lavras).



Fonte: Do Autor (2023).

O clima do local e da região em que se encontra é do tipo Cwb (Köppen), com verão temperado e inverno seco. A média da temperatura anual é de 19,3°C (sendo a mínima de 15,5 °C no mês de julho e máxima de 21,5°C no mês de janeiro), já a média anual de precipitação é de 1.529,5 mm, no qual o período de seca ocorre de abril a setembro e 80% das chuvas que ocorrem no ano, acontecem de outubro a março (ALVARES et al., 2013). O relevo é levemente ondulado, com declividade que apresenta uma taxa de variação entre 5 a 15%, e a altitude média

de 950 m acima do mar (JUNIOR et al., 2017). Os tipos de solo são principalmente Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico e Nitossolo Vermelho eutroférico.

Como consequência das características climáticas apresentadas em uma floresta estacional semidecidual, o local em estudo possui um comportamento sazonal do dossel que resulta na perda de 50% das folhas no período de seca. O dossel da floresta é formado por copas de árvores com mais de 20 m de altura (estrato superior), copas de árvores de 12 e 15 m de altura (estrato médio) e também por copas de árvores com menos de 10 m de altura (sub-bosque). É possível identificar aberturas no dossel do local de estudo, que em geral é causado devido as quedas das árvores que morreram.

Antigamente, a área era utilizada para exploração de madeira e também como pasto, então, com o tempo, se tornou uma área de reserva florestal no qual atualmente apresenta grande nível de regeneração.

## **3.2 Coleta de dados**

Foram realizados 8 inventários florestais neste remanescente (Figura 1) em diferentes anos, sendo eles: 1987, 1992, 1996, 2001, 2006, 2010, 2015 e 2017. Em todos os anos, no censo, as árvores que possuíam o diâmetro medido a 1,30 metros do solo (DAP - Diâmetro a altura do peito) maior que 5 cm (utilizando o critério de inclusão) tiveram definidos seu DAP, além de ser identificadas botanicamente a espécie por especialistas, no qual obtiveram placa de alumínio com a sua identificação. Houveram espécies que não foi possível a identificação em campo, e então foram coletadas exsiccatas para identificação através da literatura posteriormente. Através do decorrer dos anos, pode-se mensurar as árvores sobreviventes, as recrutas (que são incluídas como novas árvores através do critério de inclusão) e, também, as árvores que morreram.

## **3.3 Análise dos dados**

### **3.3.1 Estrutura**

Para análise da estrutura horizontal foram calculados os parâmetros densidade, dominância, frequência, valor de importância e valor de cobertura para o fragmento no último período de monitoramento. A densidade evidencia a diferença do número de indivíduos de cada espécie dentro da comunidade, a dominância a taxa de ocupação do ambiente pelos indivíduos de uma espécie e a frequência indica a uniformidade de distribuição das espécies na área. O

Também foi calculado o Índice de valor de importância (IVI) que fornece uma indicação da importância da espécie dentro do povoamento, permitindo sua ordenação perante as demais

### 3.3.2 Ingresso e Mortalidade

Os ingressos foram considerados como sendo o número de árvores que atingiram ou ultrapassaram o diâmetro mínimo de 5 cm, em cada medição, a partir da segunda. A taxa de ingresso (% ano<sup>-1</sup>) foi obtida pela equação 2 (SHEIL; MAY, 1996).

$$I = \left(1 - (1 - i/N_t)^{\frac{1}{t}}\right) \times 100$$

Em que:

I - Taxa de ingresso anual, % ano<sup>-1</sup>;

N<sub>t</sub> - Número final de árvores sobreviventes;

I - Número de ingressos;

t - Tempo em anos.

As taxas de ingresso foram calculadas por espécie e por período de monitoramento.

A taxa de mortalidade (% ano<sup>-1</sup>) foi calculada conforme equação 3 (SHEIL; BURSLEM; ALDER, 1995).

$$M = \left(1 - ((N_0 - m)/N_0)^{\frac{1}{t}}\right) \times 100$$

Sendo:

M: Taxa de mortalidade anual, % ano<sup>-1</sup>;

N<sub>0</sub>: Número de indivíduos da população inicial;

m: Número de árvores mortas;

t: Tempo em anos.

### 3.3.3 Dinâmica de Carbono

Os dados de carbono foram calculados utilizando os dados coletados pelo inventário, primeiramente foi calculado a biomassa acima do solo por indivíduo - AGB, utilizando a equação desenvolvida por Chave et al. (2014), conhecida como equação pantropical. A AGB (Mg) foi estimada em função da densidade básica da madeira - DBM (g.cm<sup>-3</sup>), DAP (cm) e do parâmetro de estresse bioclimático - E (AIC = 47, RSE = 0,243, df = 3998).

$$AGB = \exp(-2,024 - 0,896 \times E + 0,920 \times \log(DBM) + 2,795 \times \log(DAP) - 0,0461 \times \log(DAP)^2)$$

Esses cálculos foram realizados utilizando o pacote BIOMASS no software estatístico R (REJOU-MECHAIN et al., 2017). Nele, a determinação da DBM é feita com base no valor médio da espécie, gênero ou família, a partir do banco de dados global compilado por Chave et al. (2009). Por sua vez o parâmetro  $E$  (estresse bioclimático) foi extraído a partir das coordenadas geográficas do local, com o propósito de estimar por meio da rotina do pacote BIOMASS a altura das árvores em função da sazonalidade, da temperatura e da precipitação.

As estimativas de biomassa foram convertidas em estoque de carbono pelo uso do fator de conversão para espécies arbóreas pertencentes a florestas tropicais e subtropicais proposto pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) de 0,47 (IPCC, 2006). Dessa forma, foram calculadas as variáveis estoque de carbono - C ( $\text{MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

A quantificação do crescimento do povoamento foi realizada pelo cálculo do Incremento bruto do volume inicial, Incremento bruto incluindo recrutamento, Incremento líquido do volume inicial, Incremento líquido incluindo recrutamento e Incremento Periódico Anual.

Por fim, foi realizado o cálculo do Incremento Periódico Anual em  $\text{CO}_2$ , calculado através da razão molar de dióxido de carbono (44) e o carbono (12). Além disso, também foi calculado o valor, em reais (R\$), do incremento de  $\text{CO}_2$  estocado no fragmento. Esse valor foi calculado de acordo com a última cotação realizada no mercado CFI2Z3 (Crédito Carbono Futuros - Dez 23), no qual o valor pago é de  $\text{US\$}90,95 / \text{MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Como o valor cotado é apresentado em dólar, também foi realizado uma conversão de acordo com o mercado de câmbio atual, onde o dólar convertido para reais, apresenta o valor de  $\text{R\$}4,77$ , cotação realizada em 19 de junho de 2023.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Caracterização Dendrométrica por ano de medição

Com base nos dados coletados durante 30 anos de monitoramento, foi observado que a "Matinha" se encontra em um estágio médio de regeneração, de acordo com a caracterização dendrométrica (BRASIL, 2007). Esse estágio é caracterizado pela predominância de espécies lenhosas cuja distribuição diamétrica média varia entre 10 (dez) centímetros e 20 (vinte) centímetros (Tabela 1). Observou-se uma tendência de decréscimo do número de indivíduos e fustes para o período de 1987 a 2017 (Tabela 1). Por outro lado, observou-se que diâmetro médio, o diâmetro quadrático médio (q) e a área basal ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) apresentaram tendência de crescimento.

**Tabela 1** - Caracterização dendrométrica para cada período de monitoramento, em Lavras, Minas Gerais.

Parâmetro	Período de Monitoramento							
	1987	1992	1996	2001	2006	2010	2015	2017
DAP Médio (cm)	11,38	11,77	12,14	11,99	13,07	13,74	13,36	13,40
q (cm)	13,78	14,22	14,70	14,71	15,97	16,73	16,36	16,63
DA (ind.ha <sup>-1</sup> )	1069,51	1121,15	1086,72	1115,90	964,59	848,03	959,02	919,51
G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	15,95	17,81	18,44	18,96	19,33	18,64	20,15	19,97
N.º de famílias	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
N.º de espécies	228,00	22800	228,00	228,00	228,00	228,00	228,00	228,00
N.º de fustes	6524,00	6839,00	6629,00	6807,00	5884,00	5173,00	5850,00	5609,00
H'	3,6786	3,7326	3,7334	3,727	3,7021	3,6528	3,6622	3,6365

Legenda: DAP médio = diâmetro a altura do peito médio em cm; q= diâmetro quadrático médio em cm; DA = número de indivíduos por unidade de área; Nf = número de fustes; G= área basal em  $m^2 \cdot ha^{-1}$ ; H'= índice de Shannon-Weaver.

Fonte: Do Autor (2023).

### 4.2 Estrutura

A análise da composição florística foi realizada através da estrutura horizontal (densidade, dominância frequência. IVC e IVI), onde a Tabela 2 apresenta as 20 espécies com maior IVI. O valor de importância é calculado com base em uma série de métricas, como densidade relativa, frequência relativa, dominância relativa e outras características específicas

de cada espécie. Essa medida permite identificar quais espécies desempenham um papel mais relevante na estrutura e na dinâmica do ecossistema em estudo.

**Tabela 2** - Estrutura horizontal de algumas das espécies pertencentes ao fragmento de uma floresta estacional semidecidual em estudo, em Lavras, Minas Gerais.

ESPÉCIE	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVI
<i>Xylopia brasiliensis</i>	109,84	11,95	531,75	11,95	2,82	14,14	38,03
<i>Copaifera langsdorffii</i>	84,75	9,22	410,32	9,22	3,25	16,30	34,73
<i>Amaioua intermedia</i>	81,48	8,86	394,44	8,86	0,42	2,08	19,80
<i>Miconia willdenowii</i>	46,23	5,03	223,81	5,03	1,16	5,83	15,88
<i>Ocotea odorifera</i>	46,89	5,10	226,98	5,10	1,10	5,53	15,73
<i>Trichilia emarginata</i>	62,79	6,83	303,97	6,83	0,34	1,70	15,36
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	26,56	2,89	128,57	2,89	1,57	7,87	13,64
<i>Ocotea corymbosa</i>	26,56	2,89	128,57	2,89	1,36	6,80	12,57
<i>Maprounea guianensis</i>	31,31	3,41	151,59	3,41	0,75	3,75	10,56
<i>Myrcia splendens</i>	42,95	4,67	207,94	4,67	0,22	1,10	10,44
<i>Tapirira obtusa</i>	25,25	2,75	122,22	2,75	0,53	2,68	8,17
<i>Casearia arborea</i>	31,97	3,48	154,76	3,48	0,20	0,98	7,93
<i>Ixora brevifolia</i>	24,26	2,64	117,46	2,64	0,32	1,60	6,88
<i>Tachigali rugosa</i>	9,84	1,07	47,62	1,07	0,75	3,76	5,90
<i>Duguetia lanceolata</i>	19,02	2,07	92,06	2,07	0,20	0,98	5,12
<i>Persea major</i>	5,57	0,61	26,98	0,61	0,71	3,57	4,78
<i>Hymenaea courbaril</i>	8,36	0,91	40,48	0,91	0,38	1,92	3,74
<i>Bowdichia virgilioides</i>	6,39	0,70	30,95	0,70	0,25	1,23	2,62
<i>Hirtella glandulosa</i>	10,82	1,18	52,38	1,18	0,05	0,24	2,59
<i>Calyptranthes clusiifolia</i>	9,18	1,00	44,44	1,00	0,09	0,47	2,47

Legenda: DA = Densidade absoluta (DA); DR (%) = densidade relativa; FR (%) = Frequência relativa; DoA = Dominância absoluta (DoA); DoR (%) = Dominância relativa; IVI (%) = Índice de valor de importância.

Fonte: Do Autor (2023).

Ao analisar os dados, pode-se observar que a espécie *Xylopia brasiliensis* possui o maior valor percentual de importância, com 38.03. Essa espécie é considerada altamente significativa no ecossistema, com uma combinação de alta densidade, frequência e dominância relativa. Em seguida, temos a espécie *Copaifera langsdorffii*, com um valor percentual de importância de

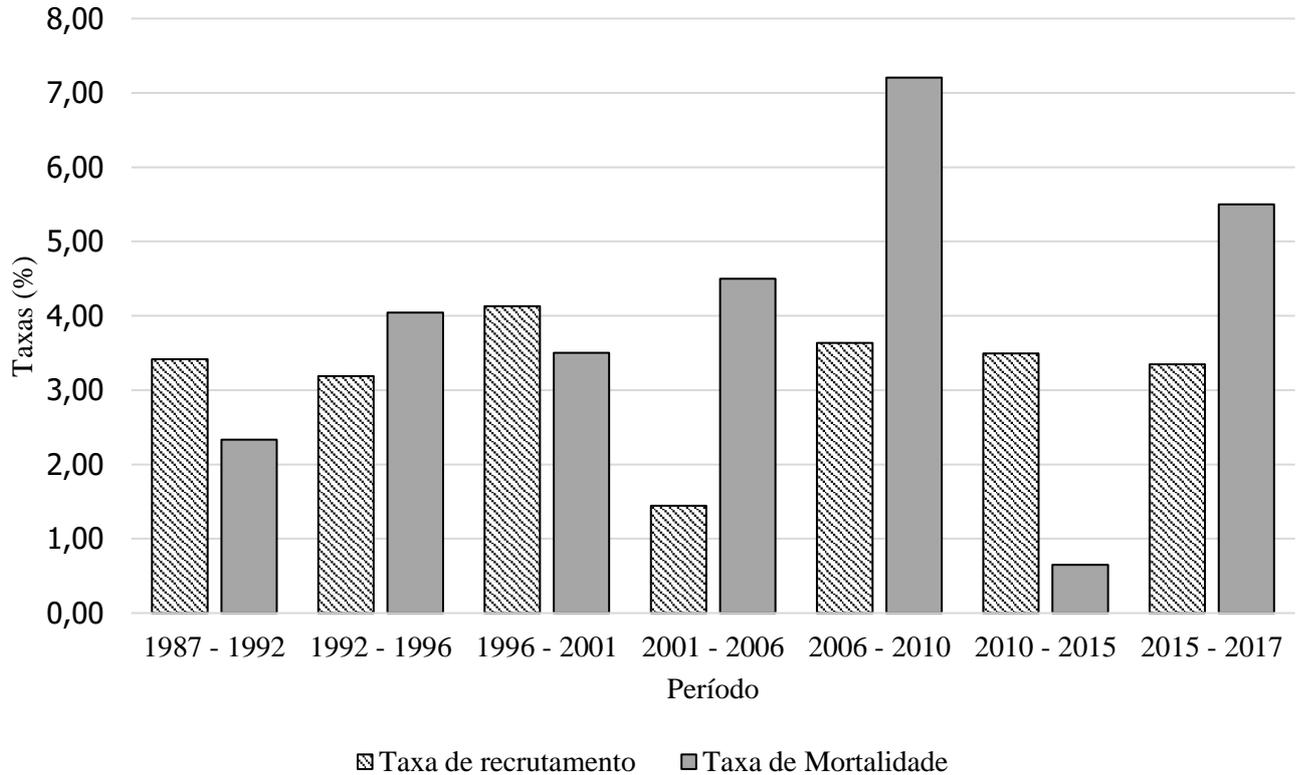
34.73. Essa espécie também desempenha um papel crucial no ecossistema, apresentando uma presença expressiva e uma dominância significativa.

Outras espécies, como *Amaioua intermedia*, *Miconia willdenowii* e *Ocotea odorifera*, também possuem valores de importância consideráveis, destacando sua relevância para a estruturação do ecossistema. É importante ressaltar que esses valores de importância refletem as características específicas do ecossistema em estudo. Cada ambiente possui uma composição única de espécies e interações distintas, o que influencia os resultados obtidos.

### **4.3 Dinâmica**

#### **4.3.1 Taxas de recrutamento e mortalidade**

A Figura 2 apresenta as taxas de recrutamento e mortalidade em diferentes períodos de monitoramento na “Matinha”. O recrutamento refere-se à taxa de entrada de novos indivíduos na população, enquanto a mortalidade indica a taxa de saída de indivíduos da população. Ambas são métricas cruciais para compreender a estrutura e a vitalidade do ecossistema. Analisando os dados, observamos que a taxa de recrutamento não apresentou grandes variações ao longo dos anos, indicando um fluxo contínuo de novos indivíduos na população. A exceção foi o período de 2001 a 2006, com um valor de 1,44, possivelmente devido a fatores ambientais ou outras influências desconhecidas.

**Figura 2 - Taxas de mortalidade e recrutamento, Lavras, Minas Gerais.**

Fonte: Do Autor (2023).

Por outro lado, a taxa de mortalidade apresentou grandes variações. No período de 2006 a 2010, por exemplo, a taxa de mortalidade foi de 7,20, indicando um número relativamente alto de óbitos dentro da população. Essa taxa elevada pode estar relacionada a condições ambientais adversas, competição por recursos ou outros fatores que afetam a sobrevivência dos indivíduos.

#### 4.3.2 Taxas de crescimento

Os resultados obtidos no monitoramento da “Matinha” revelam um aumento significativo no incremento total bruto em carbono ao longo dos períodos estudados. Isso indica que a área está se tornando um importante sumidouro de carbono, contribuindo para a redução dos níveis atmosféricos desse gás de efeito estufa (Tabela 3).

**Tabela 3** - Incremento total bruto e líquido em carbono ( $\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) para cada período de monitoramento, na “Matinha” da UFLA, Lavras, Minas Gerais.

<b>Período</b>	<b>CF</b>	<b>I</b>	<b>CI</b>	<b>M</b>	<b>Ibi</b>	<b>Ib</b>	<b>ILI</b>	<b>IL</b>	<b>IPAi</b>
<b>1987 - 1992</b>	364,6304	4,614929	322,703	24,71312	66,64051	62,02558	41,92739	37,31246	8,385478
<b>1992 - 1996</b>	383,5734	3,221736	364,6304	33,72775	52,67075	49,44901	18,94299	15,72126	4,735748
<b>1996 - 2001</b>	397,4429	13,24686	383,5734	37,0505	50,91998	37,67311	13,86948	0,622616	2,773896
<b>2001 - 2006</b>	418,3843	2,206994	397,4429	35,12065	56,06204	53,85505	20,94139	18,7344	4,188278
<b>2006 - 2010</b>	411,6123	15,15536	418,3843	53,24627	46,47432	31,31896	-6,77195	-21,9273	-1,69299
<b>2010 - 2015</b>	443,4815	15,96443	411,6123	13,38489	45,25411	29,28968	31,86922	15,90479	6,373843
<b>2015 - 2017</b>	448,8875	4,511886	443,4815	34,84396	40,24993	35,73805	5,405974	0,894088	2,702987
<b>1987 - 2017</b>	448,8875	58,9222	322,703	232,0871	358,2716	299,3494	126,1845	67,2623	63,09225

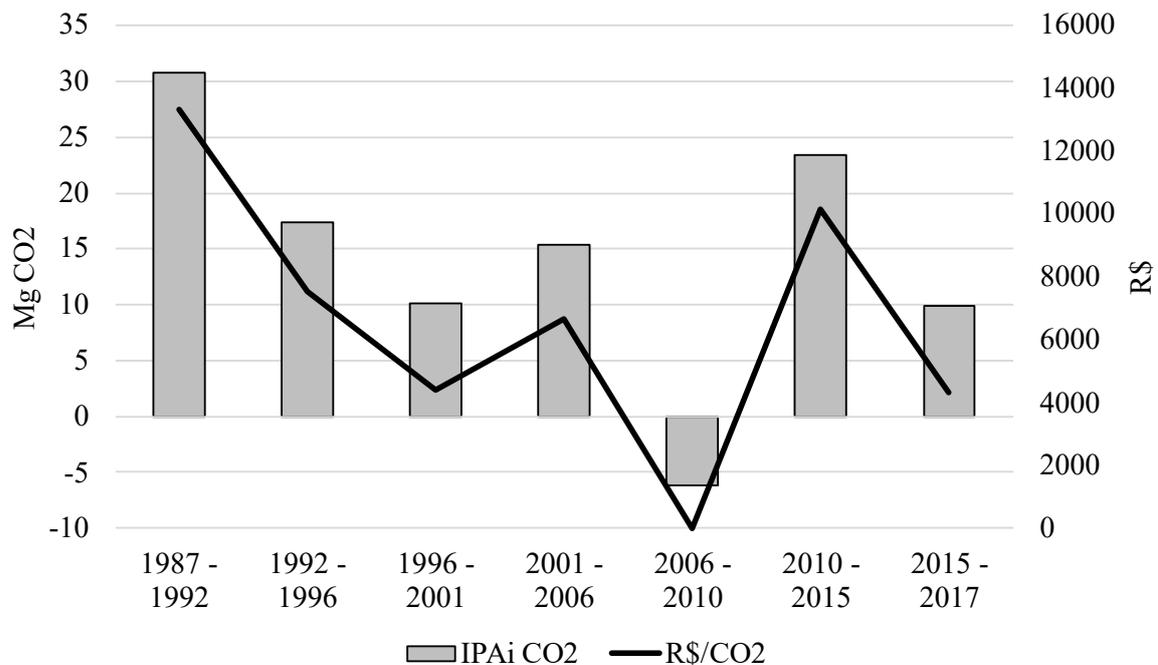
Legenda: CF – Carbono Final, CI – Carbono Inicial, I - ingresso; M - mortalidade; Ibi - incremento bruto, incluindo o ingresso; Ib - incremento bruto, excluindo o ingresso; ILi - incremento líquido, incluindo o ingresso; IL - incremento líquido, excluindo o ingresso; IPAi - incremento periódico líquido.

Fonte: Do Autor (2023).

Além disso, o estudo também analisou o incremento total líquido em carbono, que leva em consideração as perdas de carbono decorrentes de processos como a decomposição da matéria orgânica. Os resultados demonstram que, apesar dessas perdas, a “Matinha” apresenta um saldo positivo, indicando que o ecossistema é capaz de se autorregenerar e manter a sua capacidade de armazenamento de carbono (Tabela 3).

Por fim, o Incremento Periódico Anual, convertido para CO<sub>2</sub> (MgC.ha<sup>-1</sup>), apresentou, durante os anos do primeiro período de monitoramento um valor de 30,74 MgC.ha<sup>-1</sup> por ano. E ao fim do monitoramento, nos anos do último período, apresentou um total de 9,91 MgC.ha<sup>-1</sup> por ano. O valor monetário associado ao incremento anual de CO<sub>2</sub>, no primeiro período de monitoramento, foi de R\$13.338,91 por hectare por ano, enquanto no último período de monitoramento, foi avaliado um valor de R\$4.299,68 por hectare por ano, pelo mercado CFI2Z3 (Crédito Carbono Futuros - Dez 23). Observa-se também que durante o período de 2006 a 2010, a “Matinha” não apresentou nenhum lucro com relação ao incremento de carbono em seu estoque, isso se deve ao fato de ter ficado com saldo de carbono negativo, ou seja, o fragmento passou por um período de possíveis impactos naturais que ocasionaram na mortalidade de árvores e afetaram negativamente a estocagem do carbono pela floresta.

**Figura 3** - Incremento periódico anual em CO<sub>2</sub> (MgC.ha<sup>-1</sup>) e valor em reais (R\$) do incremento de CO<sub>2</sub> estocado no período de monitoramento do fragmento.



Fonte: Do Autor (2023).

## 5 DISCUSSÃO

Essa pesquisa apresenta a evolução da estrutura e a dinâmica do estoque de carbono em um fragmento de floresta ao longo de três décadas, fornecendo insights valiosos sobre a capacidade de armazenamento de carbono desse ecossistema. Os resultados da caracterização dendrométrica indicam que a “Matinha” se encontra em sucessão secundária de estágio médio de regeneração (BRASIL, 2007) isso indica que houve um progresso na regeneração da comunidade vegetal, assim como foi relatado por Souza et al. (2011), em estudo concluído em dois fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual no Vale do Rio Doce, no qual também apresentou um estágio médio.

Além disso, observa-se uma tendência de decréscimo do número de indivíduos e fustes ao longo dos anos. A redução do número de árvores e o aumento da área basal em fragmentos preservados são padrões verificados na literatura (OLIVEIRA-FILHO; MELLO; SCOLFORO, 1997; LOPES; SCHIAVINI, 2007). Isso pode indicar que houve um processo de auto-desbaste na floresta (OLIVEIRA-FILHO; MELLO; SCOLFORO, 1997), no qual indivíduos menos vigorosos ou competitivamente desfavorecidos foram eliminados naturalmente, resultando em uma redução na densidade populacional e crescimento de indivíduos mais robustos e adaptados ao ambiente, isso é percebido pela tendência de aumento do diâmetro médio, o diâmetro quadrático médio ( $q$ ) e a área basal.

Os resultados demonstram que o fragmento da “Matinha”, apresentou um DAP médio bem equilibrado ao longo dos anos, e ao final do monitoramento de 3 décadas, o crescimento médio registrado, entre os anos de 1987 a 2017 foi de 0,067 cm. Scolforo (1997) descreveu sobre o crescimento do diâmetro em florestas não manejadas situar-se entre 0,1 e 0,4 cm por ano, que, no estudo realizado pelos pesquisadores Pizatto (1999), Durigan (2013) e Schaaf (2001) em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Paraná, foi confirmado através da taxa de crescimento anual apresentar valores de 0,18; 0,34; e 0,25 cm por ano, respectivamente.

No presente estudo, quantificou as métricas que evidenciam o valor de importância de cada espécie dentro da população do fragmento, sendo a *Xylopia brasiliensis* e a *Copaifera langsdorffii* as espécies com maior valor para a floresta analisada, apresentando maiores taxas de densidade, frequência e dominância. A análise da estrutura horizontal apresentada é fundamental para compreender a biodiversidade e a importância de cada uma delas dentro do ecossistema. Essas análises podem servir para identificação de fragmento com similaridade florística na região, a ocorrência de famílias e espécies similares demonstram algo comum com outras áreas (Ferreira et al., 2007).

As taxas de ingressos e mortalidade observadas foram similares a outras Florestas Estacionais Semidecíduais (HIGUCHI et al., 2008; SILVA; ARAÚJO, 2009). No entanto, houve um desequilíbrio entre as taxas, sobretudo nos períodos de 2001 a 2006, isto pode ter ocorrido em função da competição interespecífica entre as árvores que estão se desenvolvendo na área ou fatores exógenos, que podem ser de diversas origens, como por exemplo geologia, pragas, mudanças climáticas, alterações nos solos ou incidência luminosa (CONDIT; HUBBELL; FOSTER, 1992; CONDIT et al., 1999).

A taxa média anual de recrutamento observada, durante as três décadas de monitoramento, foi de 3,23%. Esse valor é próximo aos observados na literatura. Por exemplo, Scolforo et al. (1996), em uma pesquisa realizada em uma Floresta Semidecídua, localizada em Minas Gerais, observou-se uma taxa de 3% anual para o recrutamento. Já Rolim, Couto e Jesus (1999) realizou um trabalho, também em uma Floresta Semidecídua no Espírito Santo e o recrutamento encontrado foi de 1,95% ao ano.

A taxa de mortalidade foi de maior percentual do que a taxa de recrutamento, efeito esse, de causa natural. Resultados similares foram observados em outros estudos. No estudo de Pulz (1998), em uma floresta semidecídua montana, no Estado de Minas Gerais, em um período de nove anos, obteve 2,3% de taxa de mortalidade anual, enquanto no presente estudo, a taxa de mortalidade média apresentou o valor de 3,94%. Felfili (1995), em uma floresta do bioma Cerrado, próxima à Brasília, quantificou o recrutamento com uma taxa de 2,67% ao ano, sendo menor do que a taxa de mortalidade que apresentou 3,5% ao ano.

Os dados obtidos com o monitoramento do incremento total bruto e líquido em carbono na Matinha têm implicações significativas para a gestão ambiental e para a conscientização sobre a importância da conservação dos ecossistemas naturais. Essas informações fornecem subsídios valiosos para o desenvolvimento de estratégias de mitigação das mudanças climáticas, aprimoramento da gestão florestal e tomada de decisões embasadas em evidências científicas. No período de 2006 a 2010 identificou-se uma redução do incremento periódico anual, havendo a possibilidade de o fragmento ter sofrido com intensas mudanças climáticas, ou períodos de seca.

Os resultados apontam para uma renda média de R\$ 6.626,51 ha/ano em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, sendo um valor que se deixou de ganhar com o crédito de carbono. O resultado gerado pode fornecer subsídio para tomada de decisão em processos de elaboração de projetos de créditos de carbono em fitofisionomias similares. No entanto, é importante ressaltar que este estudo fornece uma estimativa inicial e limitada da dinâmica do carbono na área da "Matinha" e seus aspectos financeiros associados. Para uma avaliação da

viabilidade econômica e financeira, bem como para a implementação de estratégias, é necessário realizar análises de viabilidade mais abrangentes, que levem em consideração outros fatores, como os custos envolvidos na elaboração e execução dos projetos, por exemplo, custos associados à elaboração de créditos de carbono, certificação e a auditoria, assim como as exigências regulatórias específicas do mercado. Além disso, outro ponto relevante a ser considerado é a incerteza associada aos preços dos créditos de carbono e às políticas governamentais relacionadas às mudanças climáticas. Os preços dos créditos de carbono podem flutuar ao longo do tempo e variar de acordo com o mercado em que são negociados. Portanto, uma análise de viabilidade abrangente deve levar em consideração diferentes cenários de preços e políticas para avaliar a sustentabilidade econômica ao longo prazo.

Por fim, os resultados aqui apresentados são de grande importância para a compreensão dos processos ecológicos e ambientais relacionados ao ciclo do carbono em ecossistemas florestais. A evolução da estrutura e a dinâmica do estoque de carbono em um fragmento de floresta ao longo de três décadas contribui para uma melhor compreensão dos ecossistemas florestais e para o desenvolvimento de estratégias eficazes de conservação e manejo sustentável.

## 6 CONCLUSÃO

Com os dados e informações coletadas neste trabalho, é possível identificar o quanto é importante manter as florestas em pé, de forma a evitar o desmatamento, emissões de gases do efeito estufa, além de que as florestas possuem grande capacidade de armazenamento de carbono, podendo ser convertido em renda através da negociação de compras e vendas de estoques de carbono no mundo empresarial. Sendo assim, um fragmento possui toda sua estrutura que está totalmente correlacionada aos agentes e fatores externos, seja, os mesmos, por causa natural ou causado por humano. O fragmento em estudo, ao longo de três décadas, evidenciou uma melhor perspectiva de como é o funcionamento dos processos ambientais em ecossistemas florestais, e que, apesar das espécies competirem entre si e isso resultar em mortes de alguns indivíduos e também as perdas por processos de decomposição da matéria orgânica, a floresta possui potencial de recuperação e crescimento, onde as árvores tendem a crescer e capturar maior quantidade de carbono da atmosfera, contribuindo para o equilíbrio do nosso planeta e geração de renda.

## REFERÊNCIAS

- ALDER, D.; SILVA, J. N. M. An empirical cohort model for management of Terra Firme forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 130, n. 1-3, p. 141-157, 2000. DOI: 10.1016/S0378-1127(99)00196-6. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112799001966>.
- ALVARES, C.A., et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em: [https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen\\_s\\_climate\\_classification\\_map\\_for\\_Brazil](https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil).
- AREVALO, L.A.; ALEGRE, J.C.; VILCAHUAMAN, J.M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo: Embrapa Florestas, 41p, doc 73, 2002.
- ASRAT, Z.; EID, T.; GOBAKKEN, T.; NEGASH, M. Aboveground tree biomass prediction options for the Dry Afromontane forests in south-central Ethiopia. **Forest Ecology and Management**, v. 473, p. 118335, 2020. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118335. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037811272031104X?via%3Dihub>.
- BARBIERI, J.C. **Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, Modelos e Instrumentos**. 4 ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- BATISTA, J.L.F.; COUTO, H. T. Z.; SILVA-FILHO, D. F. **Quantificação de recursos florestais - Árvores, Arvoredos e Florestas**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 384, 2014.
- BONAN, G.B. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. **Science**, Washington, v. 320, n. 5882, p. 1444–1449, 2008. DOI: 10.1126/science.1155121. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1155121>.
- BRASIL. **Resolução/CONAMA nº 392, de 25 de junho de 2007. Definição de vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica no estado de Minas Gerais**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 26 jun. 2007. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=6991>.
- BROWN, S. Estimating biomass and biomass changing of tropical forests a primer. **FAO Forestry Paper**, Rome, n. 134, p. 1-55, 1997.
- BROWN, S.; LUGO, A. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. **Interciencia**, Caracas, v. 17, n.1, p. 8-18, 1992.
- CAMPOS, M.A.; RANDO, A.S.; FERRÃO, A.M.A. Reflorestamento e ordenamento territorial no Brasil: desafios e oportunidades com o novo código florestal e as políticas de mudanças

climáticas. **Open Science Research**, p. 229-246, 2022. DOI: 10.37885/211206983. Disponível em: <http://www.editoracientifica.com.br/articles/code/211206983>.

CARVALHO, J.O.P. **Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal**. In: Curso De Manejo Florestal Sustentável. Tópicos em manejo florestal sustentável. Colombo: Embrapa-CNPq, p. 43-55., 1997.

CHANG, M.Y. **Sequestro florestal de carbono no Brasil – Dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas**. In: Sanquetta, C. R.; Balbinot, R.; Zilliotto, M. A. Simpósio Latino Americano Sobre Fixação De Carbono, 2., Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas. Curitiba, Anais, p.15-37, 2004.

CHAVE, J., REJOU-MECHAIN, M., BURQUEZ, A., CHIDUMAYO, E., COLGAN, M.S., DELITTI, W.B.C., DUQUE, A., EID, T., FEARNESIDE, P.M., GOODMAN, R.C., HENRY, M., MARTINEZ-YRIZAR, A., MUGASHA, W.A., MULLER-LANDAU, H.C., MENCUCCINI, M., NELSON, B.W., NGOMANDA, A., NOGUEIRA, E.M., ORTIZ-MALAVASSI, E., PELISSIER, R., PLOTON, P., RYAN, C.M., SALDARRIAGA, J.G., VIEILLEDENT, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Glob. Chang. Biol.** Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>.

CHAVE, J. et al. (2009) Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology letters* 12:4, 351-366. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1461-0248.2009.01285.x>.

CHAVES, A.D.C.G., et al. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 43-48, 2013. DOI: 10.30969/acsa.v9i2.449. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/449#:~:text=Nesse%20contexto%2C%20os%20estudos%20sobre%20a%20composi%C3%A7%C3%A3o%20flor%C3%ADstica,o%20manejo%20e%20regenera%C3%A7%C3%A3o%20das%20diferentes%20comunidades%20vegetais>.

CONDIT, R.; ASHTON, P.S.; MANOKARAN, N.; LAFRANKIE, J.V.; HUBBELL, S.P.; FOSTER R.B. Dynamics of the forest communities at Pasoh & Barro Colorado: comparing two 50-ha plots. **Philosophical Biological Sciences**, v. 354, n. 1391, p. 1739-1748, 1999.

CONDIT, R.; HUBBELL, S.P.; FOSTER R.B. Short-term dynamics of a neotropical forest. **Bioscience**, v. 4, p. 822-828, 1992. DOI: 10.2307/1312081. Disponível em: <https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/42/11/822/256351?redirectedFrom=fulltext>.

COSTA, J.T.F; COSTA, V.S. O Pagamento por Serviços Ambientais: uma análise para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 10172-10186, 2022.

DURIGAN, M.E. **Florística, dinâmica e análise proteica de uma floresta ombrófila mista em São João do Triunfo – PR**. Curitiba: UFPR. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2013. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/25170>

ENGELBRECHT, B.M.J. et al. Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests. *Nature*, v. 447, n. 7140, p. 80–82, 3 maio, 2007. DOI: 10.1038/nature05747. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature05747#citeas>.

FEARNSIDE, P. **O potencial do setor florestal brasileiro para a mitigação do efeito estufa sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto**. Mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros, p. 59-74, 2000. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/35219>.

FELFILI, J. M. Growth, recruitment and mortality in the Gama gallery forest in central Brazil over a sixyear period (1985-1991). *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge, v. 11, n. 1, p. 67-83, 1995. DOI: 10.1017/S0266467400008415. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-tropical-ecology/article/abs/growth-recruitment-and-mortality-in-the-gama-gallery-forest-in-central-brazil-over-a-sixyear-period-19851991/E724726C74054E03CE602F131E8E2FB3>.

FERREIRA W.G.J.R.; SILVA A.F.; MEIRA-NETO J.A.A.; SCHAEFER C.E.G.R.; DIAS A.S.S.; IGNÁCIO M., et al. Composição florística da vegetação arbórea de um trecho de Floresta Estacional Semidecídua em Viçosa, Minas Gerais, e espécies de maior ocorrência na região. *Revista Árvore*, 2007.

GONÇALVES, M.P. **Análise da distribuição espacial, funcionalidade e atratividade de áreas verdes públicas na cidade de São Carlos, SP**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/10077>.

GRIMES, J.P. Benefits of plant diversity to ecosystems: Immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology*, v. 86, n. 5, 2002. DOI: 10.1046/j.1365-2745.1998.00306.x. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2745.1998.00306.x>.

HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J.; SANTOS, J. dos, et al. **Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central**. Floresta, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 295-304, 2004. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/22127>.

HIGUCHI, P.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; SILVA, A.C.; MACHADO, E.L.M.; SANTOS, R.M.; PIFANO, D.S. Dinâmica da comunidade arbórea em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas Gerais, em diferentes classes de solos. *Árvore*. 2008;32(3):417-26. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000300004>

HOUGHTON, R.A. Aboveground Forest biomass and the global carbon balance. **Global Change Biology**, Oxford, v. 11, n. 6, p. 945–958, 2005. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2005.00955.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2486.2005.00955.x>.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press, Reino Unido, 7 ago. 2021. AR6 WGI, p. 15-31. Disponível em: < <https://www.preventionweb.net/publication/climate-change-2021-physical-science-basisar6>>. Acesso em: 7 de novembro de 2022.

JUNIOR, J.A.J., et al. **Time-stability of soil water content (SWC) in an Atlantic Forest - Latosol site**. *Geoderma*, v. 288, p. 64-78, 2017. DOI: 10.1016/j.geoderma.2016.10.034. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706116307169>.

KEENAN, R.J.; REAMS, G.A.; ACHARD, F.; FREITAS, J.V. de; GRAINGER, A.; LINDQUIST, E. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 352, p. 9-20, 2015.

LEE, Y. Predicting mortality for even-aged stands of lodgepole pine. **Forestry Chronicle, Saint Anede-Bellevue**, v. 47, n. 1, p. 29-32, 1971. DOI: 10.5558/tfc47029-1. Disponível em: <https://pubs.cif-ifc.org/doi/10.5558/tfc47029-1>.

LIU, X.; ZHU, B.; ZHOU, W.; HU, S.; CHEN, D.; GRIFFY-BROWN, C. CO2 emission in calcium carbide industry: An analysis of China's mitigation potential. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 5, n.5, p. 1240-1249, 2011. DOI: 10.1016/j.ijggc.2011.06.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1750583611001010>.

LOPES, S.F.; SCHIAVINI, I. Dinâmica da comunidade arbórea da mata de galeria da Estação Ecológica do Panga, Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 2, p. 249-261, 2007.

MACEDO, F.L. **Modelagem da biomassa acima do solo (BAS), por meio de imagens de alta resolução espacial e índices de vegetação**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 105 p., 2014. Disponível em: <https://acervodigital.unesp.br/handle/11449/123322>.

MACHADO, S.A.; FILHO, A.F. **Dendrometria**. 2.ed. Curitiba, 309p, 2003.

MARTELLI, A; CARDOSO, M. M. Favorecimento da Arborização Urbana com a Implantação do Projeto Espaço Árvore nos Passeios Públicos do Município de Itapira-SP. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, p. 184-197, 2018. DOI: 10.18764/2446-6549.v4n13p184-197. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/8082>. Acesso em: 08 de novembro de 2022.

MARTINS, F. R. **Fitossociologia de florestas no Brasil: um histórico bibliográfico**. Pesquisas - série Botânica, São Leopoldo, n. 40, p. 103-164, 1989.

NUTTO, L.; WATZLAWICK, L. F. Relações entre Fatores Climáticos e Incremento em Diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na Região de Santa Maria, RS. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 45, p. 41–55, 30 dez. 2002.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MELLO, J.M. de; SCOLFORO, J.R.S. Effects of past disturbance & edges on tree community structure & dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987 – 1992). **Plant Ecology**, v. 131, n. 1, p. 45-66, 1997. DOI: 10.1023/A:1009744207641. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1023/A:1009744207641>.

PAN, Y. Mitochondria, reactive oxygen species, and chronological aging: a message from yeast. **Experimental gerontology**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 11, p. 847-852, 2011.

PHILLIPS, O. L.; HALL, P.; GENTRY, A. H.; SAWYER, S. A.; VÁSQUEZ, R. Dynamics and species richness of tropical rain forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America**, Washington, DC, v. 91, n. 7, p. 2805-2809, 1994.

PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma floresta ombrófila mista em São João do Triunfo – PR: 1995 – 1998**. Curitiba: UFPR. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1999. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/26660>.

PREISKORN, G.M. **Composição florística, estrutura e quantificação do estoque de carbono em florestas restauradas com idades diferentes**. Dissertação (Mestrado em Recursos florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 129p. 2011.

PULZ, F.A. **Estudo da dinâmica e a modelagem da estrutura diamétrica de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras - MG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 156 p., 1998. Disponível em: [https://koha.inpa.gov.br/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=6312&shelfbrowse\\_itemnumber=7697](https://koha.inpa.gov.br/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=6312&shelfbrowse_itemnumber=7697).

QUESADA, C. A. et al. Basin-wide variations in Amazon forest structure and function are mediated by both soils and climate. **Biogeosciences**, v. 9, n. 6, p. 2203–2246, 22 jun. 2012. DOI: 10.5194/bg-9-2203-2012. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/14899>.

QURESHI, A.; PARIVA, R.B.; HUSSAIN, S.A. A review of protocols used for assessment of carbon stock in forested landscapes. **Environmental Science & Policy, Exeter**, v. 16, p. 81-89, 2012. DOI: 10.1016/j.envsci.2011.11.001. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1462901111001717>.

RÉJOU-MÉCHAIN, M. et al. biomass: an r package for estimating above-ground biomass and its uncertainty in tropical forests. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 8, n. 9, p. 1163-1167, 2017. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/2041-210X.12753>.

ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M. de. Mortalidade e recrutamento de árvores na Floresta Atlântica em Linhares (ES). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 55, p. 49-69, 1999. Disponível em: <http://bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/17432?show=full>.

SAATCHI, S.S.; HARRIS, N.L.; BROWN, S.; LEFSKY, M.; MITCHARD, E.T.A.; SALAS, W.; ZUTTA, B.R.; BUERMANN, W.; LEWIS, S.L.; HAGEN, S.; PETROVA, S.; WHITE, L.; SILMAN, M.; MOREL, A. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 108, n. 24, p. 9899-9904, 2011.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R. **Metodologias para determinação de biomassa florestal**. In: Sanquetta, C. R.; Balbinot, R.; Zilliotto, M. A. Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas. Curitiba: UFPR, 205 p., 2004.

SANQUETTA, C. R.; CÔRTE, A. P. D.; EISFELD, R. L. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) no estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 101-112, 2003.

SANQUETTA, C. R.; MOGNON F.; CORTE, A. P. D.; DALLAGNOL, F. S.; MAAS, G. C. B. **Pagamento por serviços ambientais em Floresta Ombrófila Mista**. In: Encontro Nacional da Ecoeco, 9, 2011, Brasília. Anais, Brasília, p. 1– 3, 2011.

SCHAAF, L. B. **Florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 de uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Paraná**. Curitiba: UFPR. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2001. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/25372>.

SCHUMACHER, M. V.; WISTSCHORECK, R. **Inventário de carbono em povoamentos de *Eucalyptus* spp. nas propriedades fumageiras do sul do Brasil: um estudo de caso**. In: SANQUETTA, C. R. et al. Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas. Curitiba: Edição do Autor, p. 111-124, 2004.

SCOLFORO, H. F. et al. Spatial distribution of aboveground carbon stock of the arboreal vegetation in Brazilian biomes of Savanna, Atlantic Forest and Semi-Arid Woodland. **PLoS One**, v. 10, n. 6, p. e0128781, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0128781. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0128781>.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 438 p.

SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Cerne**, Lavras - MG, v. 2, n. 1, p. 112-137, 1996.

SHEIL D & MAY RM. 1996. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. **J. Ecol.**, 84(1): 91-100. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/ptsVVzpzBGqzHgJdh7dGsJC/>.

SHEIL, D., BURSLEM, D. F. R. P., & ALDER, D. (1995). The Interpretation and Misinterpretation of Mortality-Rate Measures. **Journal of Ecology**, 83(2), 331-333. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2261571>.

SILVA, J.N.M. 1990. Possibilidades da produção sustentada de madeira em floresta densa de terra-firme da Amazônia Brasileira. In: **Congresso Florestal Brasileiro, 6**. Anais. SBS/SBEF. Campos do Jordão. p.39-50.

SILVA, M.R. & ARAÚJO, G.M. 2009. Dinâmica da comunidade arbórea de uma floresta semidecidual em Uberlândia, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. 23: 49-56. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000100006>.

SOUZA, A. L.; BOINA, A.; SOARES, C. P. B.; VITAL, B. R.; GASPAR, R. O.; LANA, J. M. Estoque e crescimento em volume, biomassa, carbono e dióxido de carbono em floresta Estacional Semidecidual. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 1277-1285, 2011. DOI: 10.1590/S0100-67622011000700014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/QyJ7QHPqpNkrCGZxgkYjWNc/#>.

STÅHL, G.; BOSTROM, B.; LINDKVIST, H.; LINDROTH, A.; NILSSON, J.; OLSSON, M. Methodological options for quantifying changes in carbon pools in Swedish forests. **Studia Forestalia Suecica**, Stockholm, n. 214, p. 46, 2004.

STEGEN, J.C. et al. Variation in above-ground forest biomass across broad climatic gradients. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, n. 5, p. 744–754, 2011. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2010.00645.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1466-8238.2010.00645.x>.

TEIXEIRA, R.L.P. et al. Mudanças climáticas, capacidade adaptativa e sustentabilidade: reflexões a partir das cidades da região semiárida brasileira. **Revista Geotemas**, v. 11, p. e02106-e02106, 2021.

TESFAYE, M.A. et al. Impact of changes in land use, species and elevation on soil organic carbon and total nitrogen in Ethiopian Central Highlands. **Geoderma**, v. 261, p. 70-79, 2016. DOI: 10.1016/j.geoderma.2015.06.022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706115300094>.

TITO, M.R.; LEÓN, M.C.; PORRO, R. **Guia de determinação de carbono em pequenas propriedades rurais**. Belém: Consórcio Iniciativa Amazônia (IA); Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF), 81p., 2009.

TOLEDO, M. et al. Distribution patterns of tropical woody species in response to climatic and edaphic gradients. **Journal of Ecology**, v. 100, n. 1, p. 253–263, 2012. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2011.01890.x. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2745.2011.01890.x>.

ZHANG, Y.; CHEN, H. Y. H.; REICH P. B. Forest productivity increases with evenness, species richness and trait variation: A global meta-analysis. **J. Ecol.**, v. 100, n. 3, p. 742–749, 2012. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2011.01944.x. Disponível em: <https://researchdirect.westernsydney.edu.au/islandora/object/uws%3A13561>.