



ÍTALO COSTA TITIMURA

**ANÁLISE DE REGENERAÇÃO NATURAL EM ÁREA DE
RESTAURAÇÃO FLORESTAL APÓS DOZE ANOS**

**LAVRAS-MG
2022**

ÍTALO COSTA TITIMURA

**ANÁLISE DE REGENERAÇÃO NATURAL EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO
FLORESTAL APÓS DOZE ANOS**

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

Profª. Dra. Soraya Alvarenga Botelho
Orientadora

Profª. Ma. Kelly Iapuque Rodrigues de Sousa
Coorientadora

**LAVRAS-MG
2022**

ÍTALO COSTA TITIMURA

**AVALIAÇÃO DE REGENERAÇÃO NATURAL EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO
FLORESTAL APÓS DOZE ANOS**

**EVALUATION OF NATURAL REGENERATION IN A FOREST RESTORATION
AREA AFTER TWELVE YEARS**

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

APROVADO em 15 de DEZEMBRO de 2022.
Profa. Dra. Soraya Alvarenga Botelho UFLA.
Profa. Ma. Kelly Iapuque Rodrigues de Sousa UFLA.
Prof. M. Matheus Santos Luz UFLA.

Profa. Dra. Soraya Alvarenga Botelho
Orientadora

Profa. Ma. Kelly Iapuque Rodrigues de Sousa
Coorientadora

**LAVRAS-MG
2022**

*À minha mãe Patrícia e ao meu pai Jorge por
todo apoio, conselhos e motivação em cada
etapa de minha vida.
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus por ter me dado paz e motivação para ter foco e elaborar este trabalho. Nele tenho Fé e sei que sem ele nada seria possível.

À todos os meus familiares e amigos queridos, especialmente a minha mãe, por toda compreensão, apoio, carinho e motivação.

Aos meus professores e colegas que conheci na universidade, por todo incentivo e aprendizado compartilhado comigo durante essa etapa de graduação, especialmente a duas pessoas, a professora e orientadora Soraya e coorientadora Kelly, por todo apoio, incentivo, conselhos e instruções.

Enfim, agradeço a todas as pessoas, que de alguma forma, colaboraram um pouco para a construção de todo conhecimento (acadêmicos e valores de vida) adquirido durante essa etapa da minha vida.

RESUMO

A pressão antrópica sobre os ecossistemas naturais já atingiu valores correspondentes a mais da metade da superfície terrestre. Com a degradação, há diversas consequências, sendo as principais a extinção de espécies e a perda de serviços ecossistêmicos, afetando toda a vida no planeta. A restauração de ecossistemas degradados é uma forma de reverter a degradação e retomar as condições dos ecossistemas originais. Assim, o objetivo deste trabalho consiste no monitoramento de uma área degradada em processo de restauração florestal, por meio da avaliação do estrato de regeneração natural após 12 anos do início da restauração. A área de estudo se localiza no campus universitário da Universidade Federal de Lavras e possui 0,45 hectare. Para análise da trajetória da restauração, foram comparados dados da regeneração natural coletados neste ano (2022) com análise realizada no ano de 2014 (quatro anos após a restauração florestal da área). Para o levantamento florístico, utilizou-se a mesma metodologia da análise de 2014. No levantamento florístico mais recente, foram inventariados 318 indivíduos no estrato regenerante, sendo 33 espécies distintas, pertencentes a 23 famílias, representando uma densidade absoluta de 42.400 ind.ha⁻¹. Foram calculados também, os índices de diversidade de Shannon-weaver e índice de equabilidade de Pielou, sendo encontrados valores de 2,157 e 0,617, respectivamente. Na comparação entre as duas análises, observou-se aumento em todos os parâmetros. Os resultados encontrados indicam que as técnicas utilizadas na restauração da área se mostram eficientes.

Palavras-chave: Restauração de ecossistemas. Regeneração natural. Levantamento florístico. Serviços Ecossistêmicos.

ABSTRACT

Human pressure on natural ecosystems has already reached places corresponding to more than half of the Earth's surface. In its degradation, there are several consequences, the main ones being the extinction of species and the loss of ecosystem services, affecting all life on the planet. Restoring degraded ecosystems is a way of reversing the current trend. Thus, the objective of this work is to monitor a degraded area in the process of forest restoration, through the evaluation of the natural regeneration stratum 12 years after the beginning of the restoration. The study area is located on the university campus of the Federal University of Lavras and has 0.45 hectare. For the analysis of this project, data from natural regeneration collected in this year (2022) were compared with analysis carried out in 2014 (four years after the forest restoration of the area). For the floristic survey, the same methodology as used in the 2014 analysis was used. In the most recent floristic survey, 318 individuals were inventoried in the regenerating stratum, with 33 distinct species, belonging to 23 families, representing an absolute density of 42,400 ind.ha⁻¹. Shannon-weaver diversity indices and Pielou equability index were also calculated, with values of 2.157 and 0.617, respectively. Comparing the two analyses, an increase was observed in all parameters. The results found indicate that the techniques used in the restoration of the area are efficient.

Keywords: Restoration of ecosystems. Natural regeneration. Floristic survey. Ecosystem Services.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma representando o método de recomposição da cobertura vegetal a ser adotado com base nas condições do sítio	15
Figura 2 - Mapa da localização da área de estudo no campus da UFLA	20
Figura 3 - A área em estudo localizada entre o prédio de gestão da Faculdade de Ciências da Saúde e o ginásio poliesportivo da UFLA.....	21
Figura 4 - Classificação da vegetação existente no campus universitário da UFLA.....	23
Figura 5 - Aspecto da área nos anos de 2003 e 2008, antes do projeto de restauração	24
Figura 6 - Lançamento das subparcelas dentro de cada parcela	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Densidade e Frequência dos indivíduos amostrados em 2022.....	30
Tabela 2 - Análise comparativa entre os levantamentos realizado em 2014 e 2022	31
Tabela 3 - Comparação dos índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e equabilidade de Pielou (J') do levantamento em 2014 e 2022	32

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Números de indivíduos amostrados no ano de 2022.....	28
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVO.....	12
2.1	Objetivo geral.....	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1	Funções de um ecossistema florestal.....	13
3.2	Causas e consequências da perda de habitats florestais	13
3.3	As estratégias de restauração florestal	14
3.4	Tipos de estratégia utilizada para a restauração florestal	16
3.4.1	<i>Regeneração Artificial</i>	16
3.4.1.1	Plantio direto de mudas	16
3.4.1.2	Semeadura Direta	17
3.4.2	<i>Regeneração Natural</i>	17
3.5	O estágio de sucessão ecológica das espécies na restauração	18
3.6	Importância do Monitoramento da Restauração Ecológica	19
4	MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1	Localização da área de estudo.....	20
4.2	Aspectos relevantes da implantação do projeto de recuperação na área do estudo nos anos de 2009 e 2010	21
4.3	Caracterização da área	22
4.3.1	<i>Características climáticas</i>	22
4.3.2	<i>Vegetação em torno da área estudada</i>	23
4.4	Coleta dos Dados	24
4.5	Análise dos Dados.....	25
4.5.1	<i>Densidade Absoluta e Densidade Relativa</i>	25
4.5.2	<i>Frequência Absoluta e Frequência Relativa</i>	26
4.5.3	<i>Índice de diversidade Shannon-Weaver (H')</i>	26
4.5.4	<i>Índice de equabilidade de Pielou (J')</i>	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1	As espécies amostradas	28
5.2	Parâmetros fitossociológicos	29
6	CONCLUSÃO	33
	<u>REFERÊNCIAS</u>	34

1 INTRODUÇÃO

A pressão antrópica sobre os recursos naturais, em larga ou moderada escala, já atingiu valores correspondendo a mais da metade da superfície terrestre (WILLIAMS, 2020). Os ecossistemas naturais estão sofrendo alterações pelo homem, sendo cada vez mais transformados em ambientes para atender a urbanização, industrialização ou a produção agropecuária (LAURANCE; SAYER; CASSMAN, 2014). Compreende-se que, com a degradação dos ecossistemas há diversas consequências, sendo as principais são a extinção de espécies da fauna, microfauna e flora, ocorrendo casos em que algumas espécies desaparecem, até mesmo, sem serem conhecidas pelo ser humano (NORA *et al.*, 2021).

A humanidade está alterando os ambientes naturais para usufruir dos seus recursos, portanto com a intensidade das modificações, os serviços ecossistêmicos de provisão, regulação, cultura e suporte ao homem estão se tornando escassos, impactando no bem-estar e qualidade de vida dos seres vivos (SCHONARDIE; STRADA, 2022). Desse modo, entende-se a importância de conservar os ecossistemas naturais e realizar trabalhos de restauração em ecossistemas que se encontram com a presença de distúrbios, ou seja, que estão degradados (BOTELHO *et al.*, 2015).

A restauração de ecossistemas está sendo bastante repercutida no mundo todo, devido a compreensão da necessidade de criação de políticas relacionadas à biodiversidade (JORGENSEN, 2015). A prática de restauração de áreas degradadas é essencial para todos os seres vivos, pois ambientes restaurados contribuem para o restabelecimento dos serviços ecossistêmicos, uma vez que as interações dos seres vivos entre si e com o meio abiótico voltarão a acontecer (HONDA; DURIGAN, 2017).

Contudo, para se ter garantia do sucesso em projetos de restauração de ecossistemas, o estabelecimento de diretrizes e metodologias é imprescindível, pois normalmente, em cada situação há demandas específicas, variando desde o preparo do solo, seleção de espécies, técnicas de regeneração utilizadas, dentre outras. (REIS; DAVIDE; BOTELHO, 2015).

Ressalta-se ainda, que o monitoramento periódico em áreas em processo de restauração é de grande importância para o sucesso do reestabelecimento das espécies na área restaurada, pois através das avaliações periódicas, se tem o entendimento da demanda de possíveis ações corretivas caso ocorra algum evento negativo no local (ARAÚJO, 2022).

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar o estrato de regeneração natural em uma área degradada após 12 anos da realização de restauração florestal no local.

2.2 Objetivos específicos

- a) Caracterizar e quantificar a regeneração natural na área em estudo após 12 anos da restauração.
- b) Comparar a trajetória da regeneração natural entre o levantamento realizado 4 anos após a restauração (2014) e o levantamento atual (2022).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Funções de um ecossistema florestal

Os ecossistemas florestais são importantes pois, além de atender às necessidades humanas, possuem um enorme dinamismo, biodiversidade e capacidade de prestar uma gama de serviços essenciais para a sobrevivência de muitas espécies (PIVOTO *et al.*, 2022). Cerca de 25% da população mundial depende diretamente das florestas (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU, 2015). Estas ajudam a erradicar a pobreza rural, garantir a segurança alimentar e fornecer meios de subsistência e serviços ambientais vitais (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2018).

As florestas consistem em um ecossistema complexo onde seres vivos desempenham diversas interações biológicas entre si e com os fatores abióticos, sendo na maioria das vezes, funções essenciais que beneficiam os seres humanos (BRASIL, 2021). Diante disso, o manejo sustentável da floresta é fundamental não apenas para a conservação, mas também para perseverar as funções do ecossistema e o fornecimento contínuo e saudável de vários serviços essenciais (RODRIGUES *et al.*, 2020).

São inúmeros os serviços ecossistêmicos que as florestas prestam, dentre eles, tem-se o abastecimento e disponibilidade de água, regulação de microclimas, formação do solo, produção de madeira, fibra, remédios e alimentos, além de contribuições para o bem-estar humano (DWORCZYK; BURKHARD, 2021). A redução de desastres naturais como secas, enchentes, deslizamentos de terra e lodo também é considerada uma das funções dos ecossistemas florestais (CZÚCZ *et al.*, 2020). Abordando a nível global, as florestas mitigam as mudanças climáticas sequestrando carbono, equilibrando dióxido de carbono e oxigênio, umidade do ar e protegendo os recursos hídricos do planeta (ONU, 2015).

3.2 Causas e consequências da perda de habitats florestais

A fragmentação de habitats florestais é um dos agentes potenciais que acarretam as mudanças nos ecossistemas, sendo muitas vezes irreversíveis, em escala global e local. Entre as principais causas, está o fato de que os seres humanos vêm suprimindo as florestas, transformando-as em ambientes antropizados voltados para mineração, agricultura e pecuária (ANJOS, 2021), além de áreas pra urbanização e indústrias.

Algumas pesquisas apontam que a extinção de espécies da flora e fauna estão entre as

principais consequências da fragmentação de habitats e a alteração desses ambientes naturais (BENCHIMOL *et al.*, 2017). Os impactos negativos que mais se destacam são a redução das interações biológicas (ROCHA-SANTOS *et al.*, 2017; ROCHA-SANTOS *et al.*, 2019) das populações de espécies lenhosas nas florestas tropicais. Estas reduções desempenham um efeito reverso, como a extinção de mecanismos ecossistêmicos essenciais para a conservação e manutenção da biodiversidade nesses locais (HATFIELD; HARRISON; BANKS-LEITE, 2018).

Ressalta-se que a conservação e manutenção da diversidade de mecanismos funcionais é essencial para a manutenção ecossistêmica após eventos negativos e age como resguardo contra a redução de funções ecossistêmicas. Já a alta diversidade funcional fornece resiliência contra a redução de mecanismos propiciados por espécies distintas mostrarem respostas compensatórias após a alteração do ambiente (BECA *et al.*, 2017).

Contudo, entender que a fragmentação de habitats impacta negativamente a estrutura do ambiente, afetando os papéis ecológicos desempenhados pelas espécies lenhosas é de suma importância. Este conhecimento é necessário para um bom gerenciamento desses ambientes de forma a administrar adequadamente a ocupação do solo, garantindo a manutenção da biodiversidade, a segurança e o funcionamento dos mecanismos ecossistêmicos (ANJOS, 2021).

3.3 As estratégias de restauração florestal

A principal finalidade da restauração ecológica é viabilizar o rejuvenescimento do ecossistema de forma a retornar às suas características originais, de modo que as comunidades estejam o mais próximo do natural em estrutura e função, permitindo o restabelecimento de espécies da flora, fauna e micro-organismos (BOTELHO *et al.*, 2015). No entanto, sabe-se que é praticamente impossível retornar totalmente às condições originais de um ecossistema. Entretanto, de forma a atingir o mais próximo dessas condições nos trabalhos de restauração, deve-se realizar a recuperação do solo local (de acordo com as demandas) e também utilizar espécies adequadas (com boa adaptação às condições edafoclimáticas e que sejam nativas do bioma local) para que se estabeleçam e criem condições para o desenvolvimento da nova comunidade (OLIVEIRA *et al.*, 2022a).

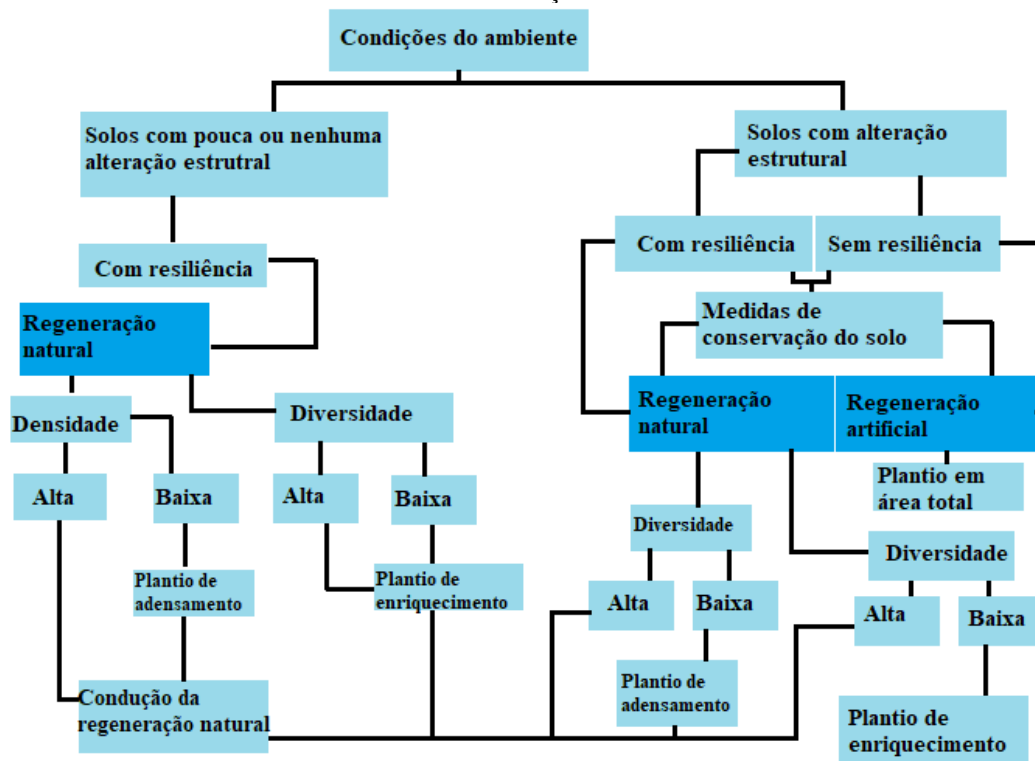
Para que uma espécie perpetue em um ecossistema que está sendo restaurado, é necessário passar pelos processos de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, de forma a possibilitar que as próximas gerações dessa espécie estejam aptas a substituir as gerações

anteriores, quando essas encerrarem o seu ciclo vital (BILA *et al.*, 2021). Uma vez que as interações biológicas são as bases que sustentam as florestas tropicais, entende-se que as espécies pertencentes ao grupo das epífitas, cipós, arbustos e gramíneas não possuem aptidão de existir isoladamente, pois essas espécies são dependentes de interação biológica com outros indivíduos (CASIMIRO, 2022).

Como esses organismos muitas vezes possuem especificidade com certas formações vegetais, entende-se que apenas as outras espécies que coevoluíram com eles possuirão aptidão para perseverar na área a ser restaurada. Assim, fica entendido também que a utilização de espécies regionais garante uma maior chance de sucesso em trabalhos de restauração florestal (BURILLI *et al.*, 2022).

Os tipos de restauração de ecossistemas degradados variam de um caso para outro, principalmente em decorrência do tipo e nível do distúrbio sofrido. Para o sucesso do projeto, deve-se primeiramente elaborar diretrizes onde serão analisados vários aspectos da área a ser recuperada.

Figura 1 - Fluxograma representando o método de recomposição da cobertura vegetal a ser adotado com base nas condições do sítio



Fonte: Botelho *et al.* (2015), adaptado pelo autor

Um dos principais pontos-chave que deve compor essa diretriz é o tipo de regeneração a ser aplicado no ecossistema, que pode ser do tipo artificial ou natural, sendo de acordo com

os critérios específicos da área, tais como os objetivos e o custo do projeto, as demandas do sítio, disponibilidade de recursos financeiros e o nível de interesse do proprietário ou instituição que solicita o projeto (BOTELHO *et al.*, 2015).

3.4 Tipos de estratégia utilizada para a restauração florestal

3.4.1 Regeneração Artificial

A regeneração artificial é uma estratégia que possui maior praticidade no seu manejo e confere maior chance de sucesso de regeneração em ecossistemas que se encontram em situação de degradação bastante acentuada, não existindo vigor na produção de sementes de forma natural (ALMEIDA, 2016).

Na regeneração artificial, é preciso estabelecer o padrão de plantio, onde a escolha das espécies a compor o projeto de restauração deve ser baseada no seu hábito e nas condições da área a ser trabalhada, mesclando espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas (BOTELHO *et al.*, 2015).

Entre as técnicas de recomposição florísticas por meio da regeneração artificial, estão as técnicas de plantio direto de mudas e a semeadura direta, em área total ou plantio de enriquecimento. Destaca-se que, o plantio com mudas de espécies pertencentes a grupos sucessionais distintos consiste na prática mais comum na regeneração artificial, portanto a seleção deve ser de acordo com as demandas do terreno a ser recuperado e com os recursos financeiros e operacionais disponíveis (BORGES, 2020).

3.4.1.1 Plantio direto de mudas

O plantio direto de mudas consiste em uma técnica bastante utilizada por possuir um diferencial em relação às demais. Por meio desta técnica ocorre a aceleração no processo de cobertura com vegetação nas áreas degradadas, de modo a propiciar maior proteção ao solo contra processos erosivos. Em biomas, como a Mata Atlântica, onde se tem condições climáticas favoráveis, o plantio direto com mudas costuma ser bastante viável (ALMEIDA, 2016).

Para o sucesso da técnica de regeneração artificial com o uso do plantio direto com mudas, deve ser feita previamente uma análise do local a ser recuperado e então selecionar mudas que possuem boa aptidão às condições edafoclimáticas existentes nesse ambiente. Um

outro detalhe, que deve ser considerado, é a seleção de espécies que serão chamativas à fauna local, de modo a proporcionar interações biológicas, como a dispersão de sementes, contribuindo para o aumento da variabilidade genética ao longo do tempo. (OLIVEIRA *et al.*, 2022b).

Ressalta-se ainda, que para atingir o sucesso nos processos de restauração, deve-se periodicamente realizar o monitoramento das áreas em recuperação, identificando possíveis ações a serem tomadas caso houver alguma demanda. (SILVA *et al.*, 2016).

3.4.1.2 Semeadura Direta

A semeadura direta é uma técnica utilizada há tempos, com certas limitações, mas pode ser aplicada em diversos sítios em que a regeneração natural ou o próprio plantio ficam restritos. Essa técnica é utilizada quando não se tem a geração de sementes num ecossistema de forma natural, sendo limitadas pelas condições edáficas, biológicas e até mesmo climáticas em um determinado local. Também se utiliza a semeadura direta, quando as características da área a ser recuperada fazem a utilização do plantio direto com mudas ser financeiramente inviável ou desnecessário (SILVA; VIEIRA, 2017).

A semeadura direta é a inserção das sementes de forma direta no solo, de modo que se adaptem com sucesso aos atributos ofertados no determinado local, conseguindo germinar e estabelecer a plântula. Para a garantia do seu sucesso, é necessário fazer o lançamento de uma grande quantidade de sementes no solo, considerando que pode ocorrer eventos indesejáveis (secas, chuvas danosas, presenças de pragas, entre outros) e que nessa etapa vital, a planta é mais sensível (BALANDIER; FROCHOT; SOURISSEAU, 2009).

Contudo, recomenda-se o estudo prévio de aspectos como clima, qualidade das sementes e escolha das espécies que irá compor a restauração para utilizar a técnica da semeadura direta de forma a garantir o sucesso na emergência das plântulas e no seu restabelecimento (BOTELHO *et al.*, 2015).

3.4.2 Regeneração Natural

A regeneração natural é um caminho de restaurar um ecossistema que se encontra degradado propiciando oportunidades para ocorrer processos de revegetação sem a intervenção do homem no local a ser recuperado. A partir dessa técnica, espera-se que a vegetação se reconstitua por meio da germinação de sementes ou brotação de ramos dos indivíduos remanescentes que toleraram os distúrbios sofridos no local. Dessa forma, fica

entendido que a regeneração natural fará com que na medida que os indivíduos juvenis forem se desenvolvendo ocorra: amenização da ocorrência de processos erosivos, auxílio nos processos físico-químicos da área e contribuição para o aumento de interação biológica com outros seres vivos (MOURA, 2016).

Contudo, ressalta-se que a regeneração natural em áreas degradadas é dependente de diversos fatores, variando em questão de número de indivíduos e espécies, sendo decorrente da idade da restauração, dos aspectos fisionômicos do entorno da área a ser restaurada (OLIVEIRA, 2018).

3.5 O estágio de sucessão ecológica das espécies na restauração

A sucessão ecológica consiste na mudança das espécies em uma população ao longo do tempo, ou seja, no caso de um ecossistema florestal, é o reestabelecimento da flora (sucessão vegetal), que geralmente se inicia com as espécies pioneiras, seguidas pelas intermediárias até haver condições adequadas para o estabelecimento das espécies clímax. Ressalta-se que nesse processo, inicialmente ocorre o restabelecimento primário da vegetação no local e ao longo do tempo ocorrem modificações, onde passam a ocorrer novas espécies na área, podendo desaparecer futuramente ou variar em questão de densidade (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

O entendimento do estágio sucessional das espécies que irão compor o processo de restauração em um ecossistema que se encontra degradado é essencial para que ocorram os processos iniciais e na sequência ocorra uma regeneração natural efetiva para garantir o reestabelecimento da vegetação (NEVES, 2021). A seleção de espécies a compor o projeto de restauração deve ser embasada nas interações entre as espécies e os fatores físicos, tais como, temperatura, umidade, disponibilidade de nutrientes e minerais existentes no bioma local, de forma que as espécies escolhidas serão mais tolerantes a condições adversas (SILVA, 2020). As espécies pioneiras geralmente compõem o estágio inicial de sucessão ecológica, realizando a colonização inicial do ecossistema em recuperação, sendo explicado pela sua boa tolerância a condições adversas. Ressalta-se ainda, que as espécies pioneiras alteram as condições desfavoráveis, propiciando a disponibilidade de recursos, que auxilia no estabelecimento de espécies pertencentes a estágios sucessionais avançados na área (SILVA, 2014).

3.6 Importância do Monitoramento da Restauração Ecológica

A avaliação e monitoramento de um ecossistema em processo de restauração é uma garantia do sucesso da restauração. Através do monitoramento entende-se a necessidade de ações corretivas caso a trajetória esperada não ocorra devido às falhas do processo ou ocorra algum novo distúrbio como: incêndios, supressão florestal, contaminação do solo ou da água no entorno da área em processo de restauração. (GAMA; FERREIRA; JESUS, 2021).

Os parâmetros de avaliação e monitoramento de ecossistemas em restauração são dependentes das finalidades do projeto, indo desde aspectos estruturais da comunidade até variáveis relativas do ecossistema, como as interações biológicas entre os seres vivos com os fatores físicos e químicos existentes no local (RUIZ-JAEN; MITCHELL, 2005, LEIGHTON REID, 2015; SUGANUMA; DURIGAN, 2014; BRANCALION; HOLL, 2015).

Para a seleção dos indicadores utilizados no monitoramento do ecossistema em processo de restauração é essencial que se conheça os aspectos que espelhem o seu funcionamento permanente e de forma sustentável (REIS; DAVIDE; BOTELHO, 2015).

Entre os indicadores mais representativos na trajetória de um ecossistema degradado em processo de restauração se tem a utilização de parâmetros fitossociológicos e índices de diversidade e equabilidade. Os parâmetros fitossociológicos mais utilizados são a densidade absoluta e relativa, frequência absoluta e relativa, dominância absoluta e relativa, índice de valor de cobertura e índice de valor de importância. Para a avaliação da diversidade, tem-se o índice de diversidade de Shannon-Weaver e o índice equabilidade de Pielou, que avalia a homogeneidade das espécies em um ecossistema (OLIVEIRA, 2022a).

Um ecossistema consiste em estruturas com determinadas funções. As suas funções são as interações que geram os processos básicos, tais como a ciclagem de nutrientes, o funcionamento do ciclo d'água e o fluxo de energia, sendo uma cadeia de processos interligados. A sua estrutura corresponde a biodiversidade (fauna e flora) e as interações entre si, como a dispersão de sementes, polinização, equilíbrio de espécies etc. (CARPANEZZI; CARPANEZZI, 2003).

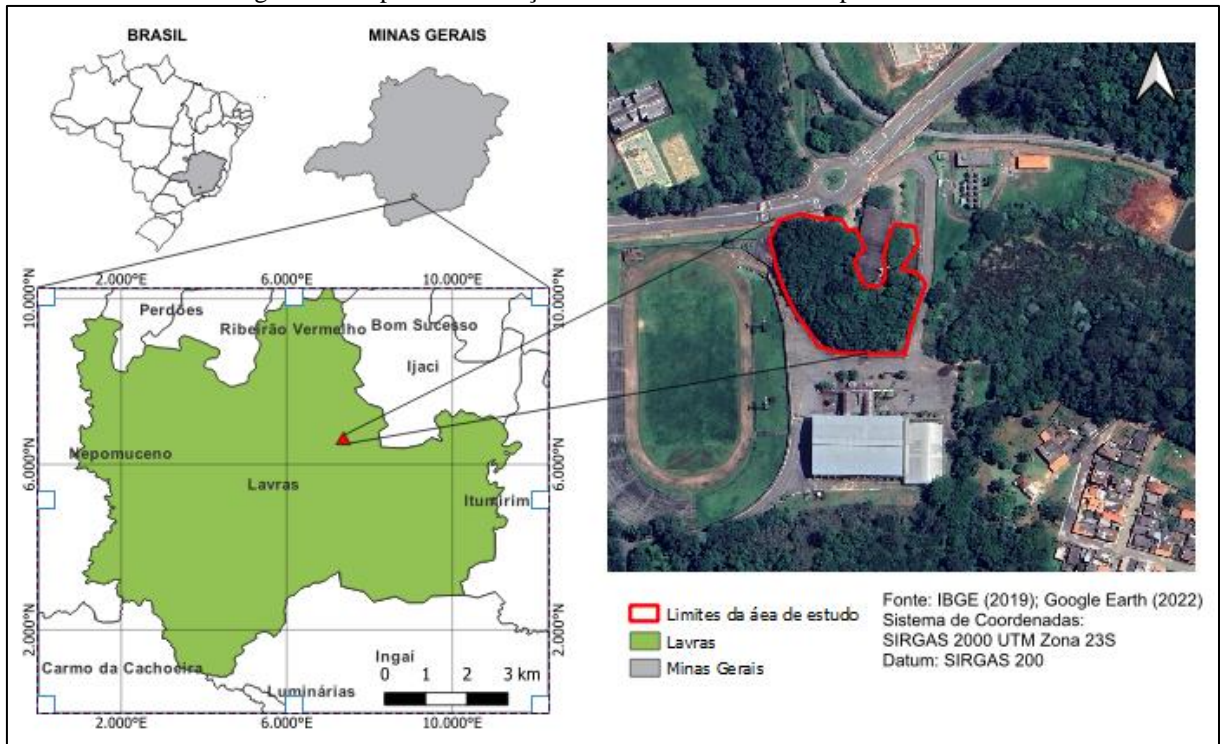
Deve-se ressaltar que a avaliação e o monitoramento de ecossistemas em processos de restauração, mesmo sendo uma das últimas etapas realizadas, deve ser planejada desde o momento da implantação e consiste em uma ação de grande importância para garantir o sucesso nesse tipo de projeto (ROSENFELD; MÜLLER, 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização da área de estudo

O estudo foi realizado em uma área de recuperação florestal pertencente à Universidade Federal de Lavras – UFLA (Figura 2) no campus localizado em Lavras. Lavras é um município pertencente ao estado de Minas Gerais, situado na mesorregião do Campo das Vertentes. O município se localiza a latitude de 21° 14' sul e a longitude de 44°59' oeste, situado a 919 metros de altitude e possui área de 566,1 km² (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2022).

Figura 2 - Mapa da localização da área de estudo no campus da UFLA



Fonte: Do autor, com dados de IBGE (2019) e Google Earth (2022)

A localização da área de estudo, dentro do *campus* da UFLA, é próxima ao prédio da gestão da Faculdade de Ciências da Saúde e ao estacionamento do ginásio poliesportivo, nas coordenadas geográficas: 21° 13' 52'' sul e 44° 59' 26'' oeste e possui 0,4521 hectare (Figura 3). A área é circundada por vias públicas de acesso dentro do *campus* da universidade.

Figura 3 - A área em estudo localizada entre o prédio de gestão da Faculdade de Ciências da Saúde e o ginásio poliesportivo da UFLA



Fonte: Do autor (2022)

4.2 Aspectos relevantes da implantação do projeto de recuperação na área do estudo nos anos de 2009 e 2010

Conforme Silva (2014), o projeto de recuperação da área em estudo, foi uma proposta de restaurar a vegetação nativa utilizando espécies nativas da região e tratamentos silviculturais adequados à restauração ecossistêmica do local. O projeto fez parte do Plano Ambiental e de Infraestrutura da Universidade, sendo que no local foram plantadas 700 mudas no período chuvoso de 2009/2010.

Destaca-se alguns aspectos do processo de implantação da área:

- a) **Estratégia de restauração:** Plantio de mudas na área em um todo. O modelo envolve o plantio de mudas em toda a área e visa acelerar a sucessão da vegetação no curto e médio prazo;
- b) **Origem das mudas:** Produzidas pelo viveiro florestal da Estação Ambiental de Itutinga, fornecidas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG);
- c) **Espaçamento:** Foi utilizado 2,5 x 2,5 m, equivalendo a 1.600 mudas por hectare, sendo essa escolha justificada pelas espécies indicadas para a região e avaliação do local, considerada a inclinação do terreno, a natureza pedregosa do solo e a dificuldade de mecanização da área estudada;
- d) **Preparo do Solo:** Foi realizado de forma manual devido à declividade e também pelo solo do local ser pedregoso, sendo então feitos com enxada, enxadão, cavadeira manual, foice e roçadeira costal;
- e) **Escolha das espécies:** Embasada em pesquisas, remanescentes florestais próximos, literatura e disponibilidade de mudas. Entre as espécies disponíveis, foram selecionadas espécies adequadas com boas características silviculturais e ecológicas

- que apresentavam mudas com bom vigor e bons aspectos fitossanitários;
- f) **Controle de pragas:** O combate às formigas consistiu em uso de iscas granuladas antes e após o plantio, pois são práticas econômicas e eficazes, conforme recomendações nas embalagens dos produtos e manuais específicos, dependendo da intensidade da infestação;
- g) **Adubação:** Foi realizada de acordo com as demandas do solo do local, sendo descritas na análise de solo. Para a adubação da área antes do plantio, foi seguido as seguintes recomendações: 150 a 200 g de superfosfato simples em solos com teor moderadamente alto de nitrogênio e potássio. Em solos pobres em nitrogênio e potássio, aplique 100 a 150 gramas de NPK 0-28-16 ou 100 a 200 gramas de formulação NPK 4-14-8 por poço. Na adubação de cobertura, foram aplicadas doses de 30 a 60 gramas de NPK 20-00-20 ou 20-05-20 por planta 30, 60 e 360 dias após o plantio. Em seguida, adubar de acordo com as condições necessárias para adubação de cobertura (solo úmido, estação chuvosa), com intervalo de 2 meses;
- h) **Controle de plantas daninhas:** Realizado com base na intensidade da infestação e na época do ano. Foram utilizadas enxadas para coroamento das mudas e roçadeiras manuais para limpeza das linhas de plantio. Utilizou-se herbicidas para controle químico durante os períodos de alta incidência de plantas daninhas, seguindo as recomendações técnicas e as devidas precauções de segurança;
- i) **Plantio:** Ocorreu durante a estação chuvosa entre novembro 2009 e janeiro de 2010, quando o solo estava úmido, mas não encharcado. As mudas foram devidamente selecionadas e acomodadas nas covas. Em seguida, foi colocado solo ao redor das mudas manualmente e então realizada uma leve compactação ao redor do torrão da muda até o nível do solo, evitando a exposição da muda.

4.3 Caracterização da área

4.3.1 Características climáticas

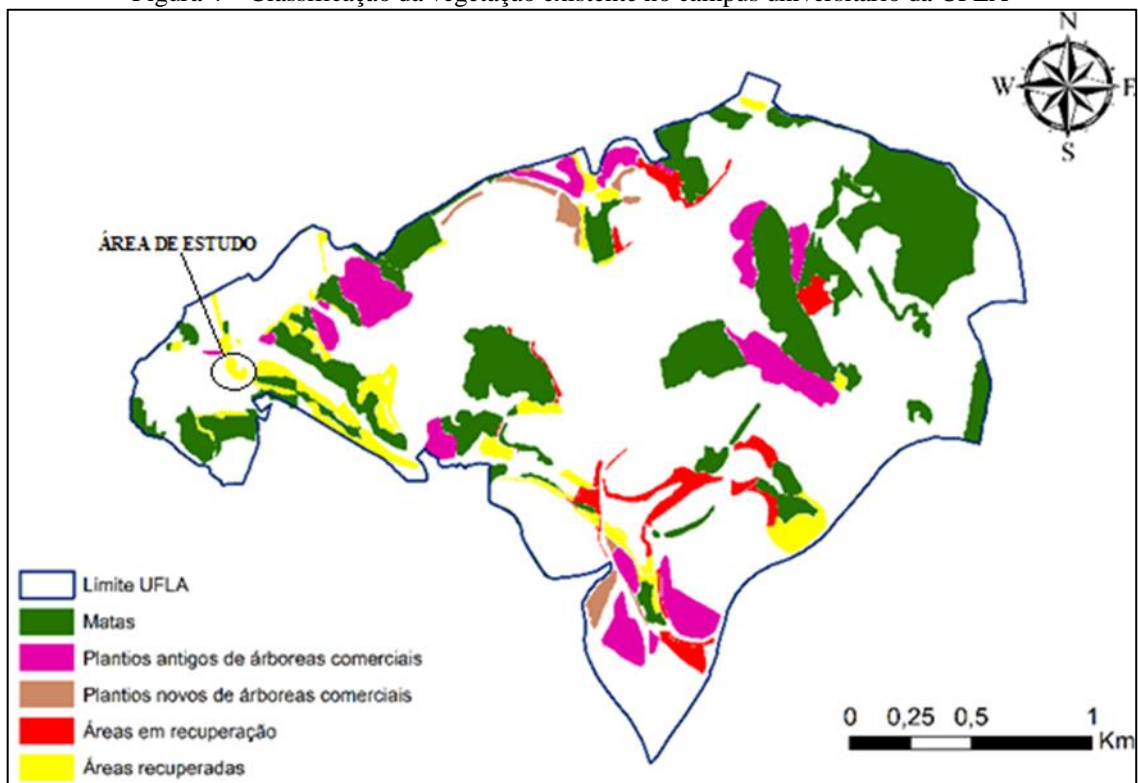
Na classificação de Köppen, o clima da região é classificado como Cwb, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical. A temperatura anual se situa em torno de 19,3° C, sendo nos meses mais quente e mais frio, temperaturas médias de 21,3 e 15,1 °C, respectivamente. A precipitação anual média é de 1530 mm (ALVARES *et al.*, 2013) e a umidade relativa do ar anual média é de 76% (CARVALHO; BORGES;

ACERBI JR, 2022).

4.3.2 Vegetação em torno da área estudada

O campus da UFLA possui área de 476 hectares (FERREIRA *et al.*, 2013), sendo que, 159,1 ha são cobertos com vegetação arbórea, 4,5 ha de plantios recentes de espécies comerciais, 28,5 ha de plantios antigos de espécies comerciais, 95,3ha de mata nativa, 11,9 ha são áreas em estágio de recuperação e 19 ha são áreas atualmente florestadas, mas que foram recuperadas (PÁSCOA, 2018).

Figura 4 – Classificação da vegetação existente no campus universitário da UFLA



Fonte: Páscoa (2018)

Destaca-se que até o período entre os anos 2009 e 2010, antes da realização do projeto de recuperação florestal que ocorreu na universidade, haviam poucos remanescentes florestais próximos a área estudada. Na figura 5 é possível visualizar a condição anterior da área, nos anos de 2003 e 2008. Atualmente a área em estudo se encontra reflorestada, com estrato arbóreo e regenerante em desenvolvimento. Quanto à vegetação mais próxima à área de interesse, ocorrem fragmentos com vegetação nativa, fragmentos com florestas plantadas de eucalipto e algumas espécies ornamentais.

Figura 5 – Aspecto da área nos anos de 2003 e 2008, antes do projeto de restauração

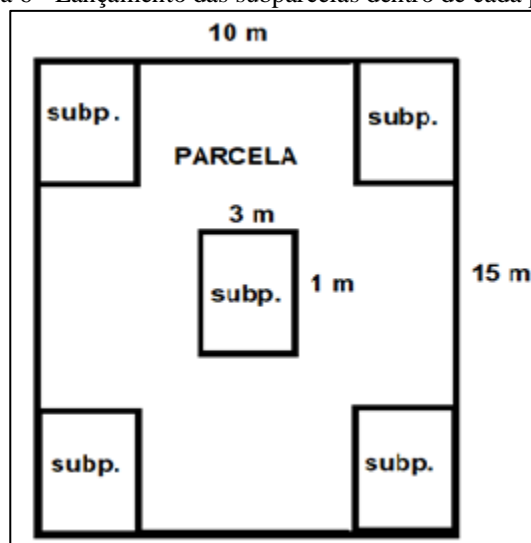


Fonte: Google Earth (2022)

4.4 Coleta dos Dados

Foi realizada a coleta de dados do estrato regenerante em subparcelas distribuídas sistematicamente dentro de parcelas de estrato arbóreo, lançadas aleatoriamente no interior da área de estudo. As dimensões das parcelas foram de 15 metros de comprimento por 10 metros de largura. As subparcelas tiveram dimensões de três metros de comprimento por um metro de largura. Foram lançadas 5 parcelas e 25 subparcelas no total (5 subparcelas dentro de cada parcela). As dimensões de todas as parcelas e subparcelas foram uniformes (Figura 5).

Figura 6 - Lançamento das subparcelas dentro de cada parcela



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Para a realização do levantamento do estrato regenerante, foram medidos e identificados os indivíduos de espécies arbóreas com altura mínima de 10 centímetros acima do solo e com diâmetros até 5 cm, contidos dentro de cada uma das subparcelas.

Os materiais utilizados na coleta dos dados foram a planilha de campo para anotação das medições, fita métrica para medição dos indivíduos (diâmetro e altura), piquetes para demarcação das parcelas e subparcelas e livros de botânica para auxílio na identificação das espécies.

4.5 Análise dos Dados

Foram analisados, para o estrato regenerante, dados de abundância e parâmetros fitossociológicos e índices de diversidade de plantas como: densidade absoluta (DA), densidade relativa (DR), frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR), Índice de Diversidade de Shannon-Weaver (H') e Índice de Equabilidade de Pielou (J') (MUELLER-DUMBOIS; ELLENBERG, 1974).

4.5.1 Densidade Absoluta e Densidade Relativa

A partir destes parâmetros é obtida a densidade (números de indivíduos por unidade de área) com que a *i*-ésima espécie na ocorre no povoamento. Dessa forma, quanto maior for o valor da densidade, entende-se que em um determinado povoamento ocorre maior número de indivíduos de uma espécie por hectare.

Equação para Densidade Absoluta:

$$DA_i = \frac{n_i}{A} \quad (4.1)$$

Onde: DA_i = densidade absoluta da *i*-ésima espécie, em número de indivíduos por hectare;

n_i = número de indivíduos da *i*-ésima espécie na amostragem;

A = área total amostrada, em hectare;

Equação para Densidade Relativa:

$$DR_i = \left(\frac{DA_i}{DT} \right) \times 100 \quad (4.2)$$

Onde: DR_i = densidade relativa (%) da *i*-ésima espécie;

DT = densidade total, em número de indivíduos por hectare (soma das densidades de todas as

espécies amostradas) é determinada pela equação:

$$DT = \frac{N}{A} \quad (4.3)$$

Onde: N = número total de indivíduos amostrados;

A = área total amostrada, em hectare.

4.5.2 *Frequência Absoluta e Frequência Relativa*

A partir do cálculo da frequência, se tem informações sobre o percentual em que determinada espécie ocorre nas unidades amostrais. Dessa forma, maiores valores de frequência indicam que a espécie está bem distribuída horizontalmente ao longo das parcelas do povoamento. A equação para calcular a Frequência Absoluta é a seguinte:

$$FA_i = \left(\frac{U_i}{U_t} \right) \times 100 \quad (4.4)$$

Onde: FA_i = frequência absoluta da i -ésima espécie na comunidade vegetal;

U_i = número de parcelas em que a i -ésima espécie ocorre;

U_t = número total de parcelas distribuídas no povoamento.

Equação para Frequência Relativa:

$$FR_i = \left(\frac{FA_i}{\sum FA_i} \right) \times 100 \quad (4.5)$$

Onde: FA_i = frequência absoluta da i -ésima espécie na comunidade vegetal;

FR_i = frequência relativa da i -ésima espécie na comunidade vegetal.

4.5.3 *Índice de diversidade Shannon-Weaver (H')*

Índice de Shannon (H') – É obtido através da teoria da informação e fornece a ideia do grau de incerteza em prever qual seria a espécie pertencente a um indivíduo retirado aleatoriamente de uma população (SHANNON, 1948). Quanto maior o valor do H' , maior a diversidade florística da área em estudo. Esse índice é calculado a partir da seguinte equação:

$$H' = \left(- \sum p_i \cdot \ln(p_i) \right) \quad (4.6)$$

Onde: H' = Índice de Shannon-Weaver;

p_i = A estimativa de proporção de indivíduos (i) encontrados de cada espécie (n° de ind. a i -ésima espécie / n° total de indivíduos);

\ln – Logaritmo neperiano.

4.5.4 Índice de equabilidade de Pielou (J')

Esse índice, é designado a partir do índice de diversidade de Shannon, e através dele é possível representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (PIELOU, 1974). Seu valor apresenta uma amplitude de 0 a 1, sendo uniformidade mínima e uniformidade máxima respectivamente. A expressão que o representa é:

$$J' = \frac{H'}{H_{max.}} \quad (4.7)$$

Onde: J' = Índice de equabilidade de Pielou;

H' = Índice de Shannon-Weaver;

$H_{max.}$ = Logaritmo neperiano do número total de espécies amostradas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 As espécies amostradas

Foram inventariados 318 indivíduos nas 25 subparcelas, totalizando uma área de 0,0075 ha, o que representa cerca de 42.400 indivíduos por hectare (Quadro 1).

Quadro 1 – Números de indivíduos amostrados no ano de 2022

Família	Espécie	Nome Popular	Número de indivíduos amostrados
Fabaceae	<i>Machaerium nycitans</i>	Bico-de-pato	148
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	46
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i>	Camboata	14
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Tapiá	13
Fabaceae	<i>Caesalpinia pluviosa</i>	Sibipiruna	13
Lauraceae	<i>Nectandra nitidula</i>	Canela	13
Myrtaceae	<i>Eugenia florida</i>	Guamirim	13
Fabaceae	<i>Inga vera</i>	Ingá	10
Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i>	Capixingui	5
Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	Saraguají	4
Cannabaceae	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Esporão-de-galo	3
Solanaceae	<i>Cestrum laevigatum</i>	Coerana	3
Styracaceae	<i>Styrax ferrugineus</i>	Laranjinha-do-cerrado	3
Anacardiaceae	<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-brava	2
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeirinha	2
Ebenaceae	<i>Diospyros inconstans</i> Jacq	Fruta-de-jacú	2
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Pau-jacaré	2
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i>	Mangaba-brava	2
Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	Gameleira	2
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	Moreira	2
Primulaceae	<i>Myrsine ferruginea</i>	Capororoca	2
Piperaceae	<i>Piper aduncum</i>	Jaborandi-do-mato	2
Salicaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i>	Caferana	2
Acanthaceae	<i>Ruellia densa</i>	Planta-veludo	1
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>	Pau-de-pombo	1
Annonaceae	<i>Annona neosericea</i>	Araticum	1
Annonaceae	<i>Annona sylvatica</i>	Araticum-da-mata	1
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i>	Amescla	1
Lamiaceae	<i>Aegiphila sellowiana</i>	Tamanqueiro	1
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutamba	1
Phytolaccaceae	<i>Seguiera langsdorffii</i>	Limão-de-espinho	1
Rutaceae	<i>Balfourodendron riedelianum</i>	Pau-marfim	1
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Mamica-de-porca	1
Total			318

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

Dentre os 318 indivíduos inventariados, foram observadas 33 espécies diferentes, pertencendo a 23 famílias, onde as famílias Fabaceae, Anacardiaceae e Rutaceae foram as mais representativas no estrato regenerante. Uma outra observação a considerar é que todas as espécies amostradas possuem ocorrência natural em Minas Gerais (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2022).

Verifica-se uma maior diversidade de espécies quando comparada com a avaliação da área realizada por Silva, (2014). Observa-se também, que as espécies *Machaerium nyctitans* e *Copaífera langsdorffii* já eram as espécies mais frequentes no levantamento realizado em 2014.

No levantamento feito em 2022 foram encontradas espécies que não constavam em 2014 sendo: *Alchornea glandulosa*, *Caesalpinia pluviosa*, *Nectandra nitidula*, *Inga vera*, *Rhamnidium elaeocarpum*, *Celtis iguanaea*, *Cestrum laevigatum*, *Styrax ferrugineus*, *Diospyros inconstans* Jacq. *Piptadenia gonoacantha*, *Lafoensia pacari*, *Ficus insipida*, *Myrsine ferrugínea*, *Piper aduncum*, *Casearia gossypiosperma*, *Ruellia densa*, *Annona neosericea*, *Annona sylvatica*, *Aegiphila sellowiana*, *Guazuma ulmifolia*, *Seguieria langsdorffii*, *Balfourodendron riedelianum* e *Zanthoxylum rhoifolium*.

Ressalta-se que o grande número de indivíduos da espécie *Machaerium nyctitans* encontrado em 2014 e 2022, é justificado pela presença de um indivíduo adulto dessa espécie na área antes mesmo da restauração, sendo que esse exemplar privilegiou o fornecimento de sementes e propagação da espécie no local (SILVA, 2014).

5.2 Parâmetros fitossociológicos

Os parâmetros fitossociológicos das espécies inventariadas do estrato de regeneração no presente trabalho estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Densidade e Frequência dos indivíduos amostrados em 2022

Espécie	Ni	DA (N/ha)	DR (%)	FA (%)	FR (%)
<i>Machaerium nycitans</i>	148	19733,33	46,54	100	7,14
<i>Copaifera langsdorffii</i>	46	6133,33	14,47	100	7,14
<i>Cupania vernalis</i>	14	1866,67	4,40	80	5,71
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	13	1733,33	4,09	20	1,43
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	13	1733,33	4,09	100	7,14
<i>Eugenia florida</i>	13	1733,33	4,09	60	4,29
<i>Nectandra nitidula</i>	13	1733,33	4,09	80	5,71
<i>Inga vera</i>	10	1333,33	3,14	40	2,86
<i>Croton floribundus</i>	5	666,67	1,57	60	4,29
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	4	533,33	1,26	60	4,29
<i>Cestrum laevigatum</i>	3	400,00	0,94	40	2,86
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	3	400,00	0,94	40	2,86
<i>Styrax ferrugineus</i>	3	400,00	0,94	40	2,86
<i>Casearia gossypiosperma</i>	2	266,67	0,63	40	2,86
<i>Diospyros inconstans</i> Jacq	2	266,67	0,63	40	2,86
<i>Ficus isipida</i>	2	266,67	0,63	20	1,43
<i>Lafoensia pacari</i>	2	266,67	0,63	40	2,86
<i>Lithraea molleoides</i>	2	266,67	0,63	40	2,86
<i>Maclura tinctoria</i>	2	266,67	0,63	40	2,86
<i>Piper aduncum</i>	2	266,67	0,63	40	2,86
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	2	266,67	0,63	40	2,86
<i>Myrsine ferruginea</i>	2	266,67	0,63	20	1,43
<i>Schinus terebinthifolius</i>	2	266,67	0,63	40	2,86
<i>Aegiphila sellowiana</i>	1	133,33	0,31	20	1,43
<i>Annona neosericea</i>	1	133,33	0,31	20	1,43
<i>Annona sylvatica</i>	1	133,33	0,31	20	1,43
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	1	133,33	0,31	40	2,86
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1	133,33	0,31	20	1,43
<i>Protium heptaphyllum</i>	1	133,33	0,31	20	1,43
<i>Ruellia densa</i>	1	133,33	0,31	20	1,43
<i>Seguiera langsdorffii</i>	1	133,33	0,31	20	1,43
<i>Tapirira guianensis</i>	1	133,33	0,31	20	1,43
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1	133,33	0,31	20	1,43
Total	318	42400	100	1400	100,00

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

As espécies encontradas na área de estudo com maior densidade e frequência foram *Machaerium nycitans*, *Copaifera langsdorffii*, *Cupania vernalis*, *Caesalpinia pluviosa*, *Alchornea glandulosa*, *Eugenia florida*, *Nectandra nitidula* e *Inga vera*. Essas espécies correspondem a 81,76% de toda a densidade absoluta dos indivíduos regenerantes presentes na área. *Machaerium nycitans* (bico de pato) foi a espécie que mais se destacou no parâmetro de densidade absoluta, possuindo o maior índice.

As espécies *Aegiphila sellowiana*, *Annona neosericea*, *Annona sylvatica*,

Balfourodendron riedelianum, *Guazuma ulmifolia*, *Protium heptaphyllum*, *Ruellia densa*, *Sequiaria langsdorffii*, *Tapirira guianensis* e *Zanthoxylum rhoifolium* obtiveram menores valores de densidade absoluta, sendo inventariados apenas 1 indivíduo de cada uma dessas espécies em toda a área amostrada.

Por fim, ressalta-se que na análise de Silva (2014), foi utilizada a mesma metodologia do presente estudo, sendo 25 subparcelas nas mesmas dimensões da metodologia, onde que as subparcelas foram lançadas no interior do perímetro da mesma área em estudo e também com a mesma localização delas dentro das parcelas no local.

Tabela 2 - Análise comparativa entre os levantamentos realizado em 2014 e 2022

Ano	Espécies	Famílias	Total de indivíduos	Densidade Absoluta (ind.ha ⁻¹)
2014	19	12	198	26400
2022	33	23	318	42400

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Com base nos dois levantamentos, entende-se a possibilidade de que as técnicas utilizadas no projeto de restauração da área em estudo se mostram eficientes, pois observa-se um número crescente de espécies, famílias e densidade absoluta na área em estudo.

Entende-se que compreender a dinâmica dos ecossistemas é fundamental para o sucesso dos processos de restauração (ABELLA; SCHETTER; WALTERS, 2017). A estrutura do dossel da área de restauração pode ser um fator que leva ao aumento do número de indivíduos regenerados naturalmente. O habitat do sub-bosque é criado através da copa das árvores, o que ajuda a aumentar as interações entre as espécies, o que pode explicar o aumento das espécies e riqueza populacional na área de estudo. (SOUZA; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

A condição do sub-bosque de uma floresta representa um indicador eficiente na integridade do ecossistema local. As espécies do estrato de regeneração desempenham um papel importante na diversidade de uma área. Muitas espécies são restritas ao estrato regenerante, mas muitas outras passam por ele durante os seus estágios de desenvolvimento. Em um ecossistema florestal, quanto maior for o número de espécies no estrato de regeneração, maior será a probabilidade da perpetuação de sua diversidade, garantido o funcionamento de suas interações e mecanismos (CHAZDON; URIARTE, 2016).

5.3 Índices de diversidade e equabilidade

Nos cálculos dos índices de diversidade e equabilidade foram encontrados os valores de índice de diversidade de Shannon-Weaver de 2,157 e 0,617 para o índice de equabilidade de Pielou. Na Tabela 3 é possível observar e comparar os valores desses índices com a análise desses índices realizada na mesma área por Silva (2014).

Tabela 3 – Comparação dos índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e equabilidade de Pielou (J') do levantamento em 2014 e 2022

Ano	Espécies	Índice de Diversidade de Shannon-Weaver (H')	Índice de equabilidade de Pielou (J')
2014	19	1,65	0,56
2022	33	2,157	0,617

Fonte: Silva (2014) e Dados da pesquisa (2022)

Conforme realizada a comparação do índice de Shannon-Weaver entre os dois levantamentos realizados na mesma área, no mais atual verifica-se um maior índice de diversidade (2,157) quando comparado com a análise de 2014 (1,650) (SILVA, 2014).

Quanto ao índice de equabilidade de Pielou, uma vez comparado os valores observados nas duas análises, no levantamento mais recente, 2022, se tem um valor maior e a partir disso, entende-se que a dominância ecológica na área diminuiu em relação à análise realizada em 2014 (PELUZIO *et al*, 2022).

Observando e comparando os índices de diversidade e similaridade, a razão que provavelmente propiciou o aumento desses índices foram o aumento do número de espécies distintas na área e que algumas espécies aumentaram em questão de número de indivíduos, devido às condições microclimáticas na área, tais como os trechos com clareiras na área, nível de declive favorável e maior umidade no local devido à proximidade com o curso d'água que faz divisa com a área em estudo, agindo como aspectos favoráveis para essas espécies.

6 CONCLUSÃO

Houve aumento significativo no número de espécies (73%) e número de famílias (91%), indicando uma evolução dos processos ecológicos na área, evidenciando a entrada de novas espécies no estrato regenerante.

A densidade de plantas regenerantes, importante indicador de restauração teve aumento de 60,6% entre a idade de 4 e 12 anos, evidenciando também a boa trajetória do processo de restauração na área.

O índice de diversidade de Shannon-Weaver aos 12 anos foi maior em comparação com os valores obtidos aos 4 anos de restauração, indicando que a diversidade florística na área aumento, sendo também evidencia de aumento de interações biológicas na área.

O índice de equabilidade de Pielou na análise de 2022 foi maior do que o índice calculado na análise de 2014, indicando que a dominância ecológica na área diminuiu.

Com base nos parâmetros e índices avaliados aos 4 e 12 anos de idade, verificou-se que o processo de restauração da área em estudo está seguindo uma trajetória adequada, podendo-se inferir que o novo ecossistema já é sustentável e capaz de se manter sem auxílio antrópico direto, dentro de condições de normalidade.

REFERÊNCIAS

- ABELLA, S. R.; SCHETTER, T. A.; WALTERS, T. L. Testing the hypothesis of hierarchical predictability in ecological restoration and succession. **Oecologia**, v. 186, n. 2, p. 541–553, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-017-4040-z>. Acesso em: 14 Nov. 2022.
- ALMEIDA, D. S. de. **Recuperação ambiental da mata atlântica**. 3. ed. Ilhéus: Editus, 2016
- ALVARES C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 14 Nov. 2022.
- ANJOS, J. N. dos. **Efeitos da perda de habitat sobre as funções Ecológicas de plantas lenhosas da Mata Atlântica**. 39 p. Dissertação (Mestre em Ecologia: Teoria, Aplicação e Valores) — Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/35140>. Acesso em: 13 Nov. 2022.
- ARAÚJO, I. *et al.* Estrutura da vegetação de uma área minerada em restauração na transição Amazônia-Cerrado. **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**, v. 3, p. 138–151, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.37885/211106713>. Acesso em: 13 Nov. 2022.
- BALANDIER, P.; FROCHOT, H.; SOURISSEAU, A. Improvement of direct tree seeding with cover crops in afforestation: Microclimate and resource availability induced by vegetation composition. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 8, p. 1716–1724, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.01.032>. Acesso em: 13 Nov. 2022.
- BECA, G. *et al.* High mammal species turnover in forest patches immersed in biofuel plantations. **Biological Conservation**, v. 210, p. 352–359, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.02.033>. Acesso em: 13 Nov. 2022.
- BENCHIMOL, M. *et al.* Translating plant community responses to habitat loss into conservation practices: Forest cover matters. **Biological Conservation**, v. 209, p. 499–507, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.03.024>. Acesso em: 13 Nov. 2022.
- BILA, N. et al. Biometria de espécies arbóreas neotropicais em áreas de restauração florestal no sul do Brasil. **Nativa**, v. 9, n. 4, p. 460–470, 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/12170>. Acesso em: 13 Nov. 2022.
- BORGES, F. M. S. da. **Avaliação de planos de recuperação de áreas degradadas em áreas de preservação permanente na região metropolitana de Goiânia, Goiás, Brasil**. 63 p. Dissertação (Mestre em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado) — Instituto Federal Goiano, Urutaí, 2020. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/index.php?id_curso=OA==&p=pos-graduacao#. Acesso em: 13 Nov. 2022.
- BOTELHO, S. A. *et al.* Restauração de Matas Ciliares. In: DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S.

A. **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares.** Lavras: UFLA, 2015, p. 433-476.

BRANCALION, P. H. S.; HOLL, K. D. Functional composition trajectory: a resolution to the debate between Suganuma, Durigan, and Reid. **Restoration Ecology**, v. 24, n. 1, p. 1–3, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/rec.12312>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, R. R.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal.** São Paulo: Oficinas de Texto, 2015.

BRASIL (País). **Lei nº 14.119**, 13 de janeiro de 2021. Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-298899394>. Acesso em: 14 Nov. 2022.

BURILLI, N. G.; REIS, V. R.; IVANAUSKAS, N. M. Aplicação do protocolo de seleção de espécies alicerce para restauração ecológica baseada na flora arbórea catalogada em dois parques urbanos em São Paulo – SP, Brasil. **Biotemas**, v. 35, n. 2, p. 3, 2022. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8491622>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B. Reabilitação ambiental de ecossistemas florestais: uma introdução. 2003. In: I semana do estudante universitário- Florestas e ambientes. **Embrapa**, 2003 Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50913/1/Carpanezzi-Carpanezzi.pdf>. Acesso em: 17 Nov. 2022

CARVALHO, F. DE; BORGES, L. A. C.; ACERBI JR, F. W. Reserva Legal e paisagens rurais multifuncionais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 17, n. 3, 2022. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/25178>. Acesso em: 14 Nov. 2022.

CASIMIRO, M. S. *et al.* Concordância entre plantas regenerantes, formigas e outros artrópodes na Mata Atlântica: a importância da identidade das árvores no dossel. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 112, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2022008>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

CHAZDON, R. L.; URIARTE, M. Natural regeneration in the context of large-scale forest and landscape restoration in the tropics. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 709–715, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/btp.12409> Acesso em: 14 Nov. 2022.

CZÚCZ, B. *et al.* Ecosystem service indicators along the cascade: How do assessment and mapping studies position their indicators? **Ecological Indicators**, v. 118, p. 106729, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106729>. Acesso em: 14 Nov. 2022.

DWORCZYK, C.; BURKHARD, B. Conceptualising the demand for ecosystem services – an adapted spatial-structural approach. **One Ecosystem**, v. 6, 2021. Disponível em: <https://oneecosystem.pensoft.net/article/65966/>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

FERREIRA, E. *et al.* Dinâmica do uso e cobertura da terra no campus da Universidade Federal de Lavras de 1964 a 2009. **CERNE**, v. 19, n. 1, p. 35–42, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000100005>. Acesso em: 14 Nov. 2022.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br> Acesso em: 14 Nov. 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; ARBOR DAY FOUNDATION. **Seventy years of FAO's Global Forest Resources Assessment**. [s. l.]: FAO, 2018. Disponível em: <https://www.fao.org/3/I8227EN/i8227en.pdf>. Acesso em: 14 Nov. 2022.

GAMA, D. C.; FERREIRA, R. A.; JESUS, J. B. de. Desenvolvimento de espécies florestais nativas em mata ciliar no Riacho Grilo, Sergipe. **Advances in Forestry Science**, v. 8, n. 4, p. 1605–1612, 2021. Disponível em: <https://doi/10.34062/afs.v8i4.11733>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

GOOGLE EARTH. **Lavras, Minas Gerais**. 2022. Disponível em: https://earth.google.com/web/search/Lavras,+MG/@-21.2528754,-44.99835011,928.3684591a,17332.78129795d,35y,0.00009903h,0t,0r/data=CigiJgokCcSeR0o0MjXAEZUkmF_LRDXAGQsvfYuedEbAIX7klfnOhUbA. Acesso em: 17 Nov. 2022.

HATFIELD, J. H.; HARRISON, M. L. K.; BANKS-LEITE, C. Functional Diversity Metrics: How They Are Affected by Landscape Change and How They Represent Ecosystem Functioning in the Tropics. **Current Landscape Ecology Reports**, v. 3, n. 2, p. 35–42, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40823-018-0032-x>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

HONDA, E. A.; DURIGAN, G. A restauração de ecossistemas e a produção de água. **Hoehnea**, v. 44, n. 3, p. 315–327, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2236-8906-82/2016>. Acesso em: 14 Nov. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Localização do município de Lavras, Minas Gerais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/lavras/panorama>. Acesso em: 14 Nov. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malha Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 14 Nov. 2022.

JORGENSEN, D. Ecological restoration as objective, target, and tool in international biodiversity policy. **Ecology and Society**, v. 20, n. 4, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08149-200443>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

LAURANCE, W. F.; SAYER, J.; CASSMAN, K. G. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 29, n. 2, p. 107–116, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.12.001>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

LEIGHTON REID, J. Indicators of success should be sensitive to compositional failures: reply to Suganuma and Durigan. **Restoration Ecology**, v. 23, n. 5, p. 519–520, 2015. Disponível em: <https://doi/10.1111/rec.12254>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

MOURA, C. de. **Caracterização da dinâmica da regeneração natural de duas fisionomias**

de Floresta Ombrófila Densa degradadas na região da Juréia, Litoral Sul/Vale do Ribeira, SP. 110 p. Dissertação (Mestre em Ciências) — Universidade De São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106132/tde-24012017-001000/pt-br.php>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

MUELLER-DOMBOIS D, ELLENBERG H. Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Wiley & Sons; 1974 apud in FREITAS, W. K; MAGALHAES, L. M. S. **Métodos e parâmetros para estudo da vegetação com ênfase no estrato arbóreo.** Floresta Ambient. vol.19, n.4, p.520-539. 2012.
<https://www.scielo.br/j/floram/a/JtVXfW99cqDk79pCjnHd4Zv/abstract/?lang=pt>

NEVES, C. M. de L *et al.* Sucessão ecológica em fragmentos florestais serranos, Paraíba, Brasil. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 2, p. 2128–2146, 2021. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1445. Acesso em: 13 nov. 2022.

NORA, G. D. *et al.* Contribuições do projeto radis/ufmt para a conservação ambiental no estado de Minas Gerais: olhares para a formação de corredores ecológicos. **Biodiversidade**, v. 20, n. 3, 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/12943>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

OLIVEIRA, A. dos S. *et al.* Semeadura direta e plantio de mudas para recuperação de nascentes no rio Piauitinga, município de Salgado, Sergipe, Brasil. **Revista Thema**, v. 21, n. 1, p. 289–302, 2022b. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/2473>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

OLIVEIRA, R. M. de *et al.* Avaliação do sucesso da restauração florestal de matas ciliares na transição Amazônia-Cerrado em Mato Grosso. **Nativa**, v. 10, n. 3, p. 356–365, 2022a. Disponível em: <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i3.13659>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

OLIVEIRA, T. J. F. De. **Modelos para recuperação da floresta atlântica estacional semidecidual na faixa ciliar do rio Paraíba do Sul.** 222p. Tese (Doutor em em Produção Vegetal) — Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/doutorado-conclusao-em-2018/>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Fórum da ONU deve definir futuro das florestas para os próximos 15 anos.** New York: ONU, 2015. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2021/04/1746522>. Acesso em: 14 Nov. 2022.

PÁSCOA, K. J. V. de. **Dados não publicados, fornecidos para auxílio da metodologia/análise dos dados.** Lavras: UFLA, 2018.

PELUZIO, T. M. de O. *et al.* Análise fitossociológica em floresta estacional semidecidual no IFES Campus de Alegre-ES. **Revista Ifes Ciência**, v. 8, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.36524/ric.v8i1.1541>. Acesso em: 14 Nov. 2022.

PIELOU, E. C. **Population and community ecology**: principles and methods. CRC Press- New York, 1974.

PIVOTO, A. *et al.* Serviços Ecosistêmicos Culturais em Áreas Protegidas: uma revisão da literatura. **CULTUR - Revista de Cultura e Turismo**, v. 16, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.36113/cultur.v16i1.3270>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

REIS, N. D. Dos; DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. *et al.* Indicadores de Recuperação de Áreas Degradadas: conceitos e perspectivas. In: DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares**. Lavras: UFLA, 2015, p. 585-606.

ROCHA-SANTOS, L. *et al.* Functional decay in tree community within tropical fragmented landscapes: Effects of landscape-scale forest cover. **PLOS ONE**, v. 12, n. 4, p. e0175545, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.03.024>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

ROCHA-SANTOS, L. *et al.* The loss of functional diversity: A detrimental influence of landscape-scale deforestation on tree reproductive traits. **Journal of Ecology**, v. 108, n. 1, p. 212–223, 2019. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2745.13232>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

RODRIGUES, E. A. R.; VICTOR, R. A. B. M.; PIRES, B. C. C. P.; DE LUCA, E. F. **Serviços Ecosistêmicos e Bem-Estar Humano na Reserva da Biosfera do Cinturão verde da Cidade de São Paulo**. São Paulo: Instituto Florestal, 2020. Disponível em: <http://www.iflorestal.sp.gov.br> ISBN: 978-85-64808-21-8. Acesso em: 27/10/2022.

ROSENFELD, M. F.; MÜLLER, S. C. Ecologia funcional como ferramenta para planejar e monitorar a restauração ecológica de ecossistemas. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 3, p. 550–565, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/25178>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

RUIZ-JAEN, M. C.; MITCHELL, A. T. Restoration Success: How Is It Being Measured? **Restoration Ecology**, v. 13, n. 3, p. 569–577 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00072.x>. Acesso em: 14 Nov. 2022.

SCHONARDIE, E. F.; STRADA, J. S. A relevância dos serviços ecosistêmicos no cenário urbano. **Direito e Desenvolvimento**, v. 13, n. 1, p. 108–122, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unipe.br/index.php/direitoedesenvolvimento/article/view/1504>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

SHANNON, C. E. A Mathematical Theory of Communication. **Bell System Technical Journal**, v. 27, n. 4, p. 623–656, out. 1948. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb00917.x>. Acesso em: 14 Nov. 2022.

SILVA, C. H. Da. **Análise do processo de restauração de ecossistema florestal aos quatro anos**. 110p. Dissertação (Mestre em Tecnologias e Inovações Ambientais, na área de concentração Restauração e Conservação de Ecossistemas) — Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/30815>. Acesso

em: 13 Nov. 2022.

SILVA, F. H. De A. **Caracterização Fitossociológica e análise sucessional de diferentes fragmentos de vegetação ciliar localizados na alta bacia hidrográfica de córrego Sete de Setembro no município de Santo Anastácio-SP**: Subsídios para a restauração de áreas degradadas. 90p. Dissertação (Mestre em Geografia) — Universidade Estadual Paulista “Julho de Mesquita Filho”, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/77196>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

SILVA, K. De A. *et al.* Restauração Florestal de uma Mina de Bauxita: Avaliação do Desenvolvimento das Espécies Arbóreas Plantadas. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 309–319, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.142515>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

SILVA, R. R. P.; VIEIRA, D. L. M. Direct seeding of 16 Brazilian savanna trees: responses to seed burial, mulching and an invasive grass. **Applied Vegetation Science**, v. 20, n. 3, p. 410–421, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/avsc.12305>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

SOUZA, F. M.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Species-specific associations between overstory and understory tree species in a semideciduous tropical forest. **Acta Botanica Brasilica**, v. 29, n. 1, p. 73–81, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/qZs6bqsxDvbFhLt4qyfYJYf/abstract/?lang=en>. Acesso em: 14 Nov. 2022.

SUGANUMA, M. S.; DURIGAN, G. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. **Restoration Ecology**, v. 23, n. 3, p. 238–251, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/rec.12168>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

WILLIAMS, B. A. *et al.* Change in Terrestrial Human Footprint Drives Continued Loss of Intact Ecosystems. **One Earth**, v. 3, n. 3, p. 371–382, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.08.009>. Acesso em: 13 Nov. 2022.