

Classificação de Vegetação, Orientado por Imageamento Aéreo e Aprendizagem Profunda

Vegetation Classification, Guided by Aerial Imaging and Deep Learning

Derick França Justo {derick.justo@fatec.sp.gov.br}

Ricardo Keiti Kurita Matsumura {ricardo.matsumura@fatec.sp.gov.br}

Valmir Ribeiro Cardoso {valmir.ribeiro2@fatec.sp.gov.br}

Vinicius da Silva Costa {vinicius.costa59@fatec.sp.gov.br}

RESUMO

Este projeto aborda a necessidade urgente de preservação da Mata Atlântica brasileira, que sofreu uma perda substancial de mais de 20.000 hectares entre 2020 e 2021, resultando na retenção de apenas 29,7% de sua cobertura florestal original. Pesquisas conduzidas pela BGCI revelam que 30% das espécies de árvores na América Latina estão atualmente ameaçadas de extinção. Em alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, este estudo centra-se predominantemente no ODS 15, que busca proteger e gerenciar de forma sustentável os ecossistemas terrestres. A preservação das florestas nativas e ecossistemas desempenha um papel fundamental no combate às mudanças climáticas (ODS 13). Considerando que 70% da Mata Atlântica está sujeita à utilização antrópica, o ODS 11 visa criar assentamentos humanos seguros e sustentáveis. Alcançar esses objetivos é imperativo para a preservação ambiental e a luta global contra a pobreza. Esta pesquisa visa desenvolver um sistema de identificação de flora baseado em imagens aéreas utilizando Redes Neurais Convolucionais (CNNs). A aplicação foca na geração de relatórios de flora para projetos imobiliários na região da Mata Atlântica, com ênfase específica na identificação de árvores da espécie *Cecropia pachystachya*, popularmente conhecida como Embaúba. Além de contribuir para o equilíbrio da biodiversidade, a Embaúba é utilizada como planta medicinal.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial; Identificação de Flora; Mata Atlântica.

ABSTRACT

This project addresses the urgent need for the preservation of the Brazilian Atlantic Forest, which suffered a substantial loss of over 20,000 hectares between 2020 and 2021, resulting in retaining only 29.7% of its original forest cover. Research conducted by BGCI reveals that 30% of tree species in Latin America are currently threatened with extinction. In alignment with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), this study focuses predominantly on SDG 15, which seeks to protect and sustainably manage terrestrial ecosystems. The preservation of native forests and ecosystems plays a crucial role in combating climate change (SDG 13). Considering that 70% of the Atlantic Forest is subject to anthropogenic use, SDG 11 aims to create safe and sustainable human settlements. Achieving these goals is imperative for environmental preservation and the global fight against poverty. This research aims to develop a flora identification system based on aerial images using Convolutional Neural Networks (CNNs). The application focuses on generating flora reports for real estate projects in the Atlantic Forest region, with a specific emphasis on identifying trees of the species *Cecropia pachystachya*, commonly known as Embaúba. Besides contributing to biodiversity balance, Embaúba is used as a medicinal plant.

KEYWORDS: Artificial Intelligence; Flora Identification; Atlantic Forest.

INTRODUÇÃO

Atualmente, existem no mundo 58.497 espécies de árvores, sendo que a região da América Latina compreende a distribuição de 23.631 espécies.(BGCI, 2021) Contudo, entre os anos de 2020 e 2021 foram desflorestados 21.642 ha da Mata Atlântica brasileira, o equivalente a mais de 28000 campos de futebol. Os dados foram apresentados no Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, uma colaboração entre o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Fundação SOS Mata Atlântica. O Relatório Anual de 2022 também indica que este valor foi o mais alto desde 2015.(SOS Mata Atlântica et al., 2022)

Segundo um levantamento feito em 2020 pelo MapBiomas, uma rede colaborativa que mapeia anualmente a cobertura e uso do solo, apenas 29,7% do total do bioma Mata Atlântica tem formação Florestal.(MapBiomas, 2021)

Associada ao desmatamento está a perda da biodiversidade das espécies de plantas. Dados do Botanic Gardens Conservation International (BGCI), demonstram que 30% das espécies de árvores da América Latina encontram-se ameaçadas de extinção.(BGCI, 2021)

Com o intuito de guiar e coordenar o desenvolvimento sustentável no mundo, as Organizações das Nações Unidas idealizaram os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, para erradicação da pobreza, proteção do meio ambiente e clima. Dentre esses objetivos, destacamos a ODS 15, que visa proteger, restaurar e promover o uso sustentável de ecossistemas terrestres, bem como gerenciar florestas de forma sustentável. Assim, proteger as florestas nativas e ecossistemas de serem degradados impactam diretamente nas ações Globais contra a Mudança do Clima, objeto da ODS 13. Ainda, segundo o relatório MapBiomas, 70% da Mata Atlântica tem uso antrópico sendo esta a prioridade da ODS 11, que busca tornar assentamentos humanos seguros e sustentáveis.(AGENDA 2030, 2015)

No decorrer deste estudo será realizada a identificação de uma espécie arbórea de nome científico *Cecropia pachystachya*, popularmente conhecida como Embaúba. Para Carvalho (2006) em seu manual de Espécies Arbóreas, a Embaúba é uma árvore perenifólia que atinge cerca de 25 metros de altura e 45 centímetros de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30m do solo) em sua fase adulta. Seu tronco é reto, cilíndrico e fistuloso (oco por dentro). A casca externa é áspera e cinza-clara, com até 6mm de espessura, enquanto a casca interna é alaranjada-rosada e fibrosa. Suas folhas são alternadas e agrupadas nas extremidades dos ramos, com lâmina de 20 a 35 cm de comprimento por 20 a 35 cm de largura. Elas são palmatilobadas e divididas em 5 a 12 lobos desiguais obovados, separados até o pecíolo por espaços de 2 a 3 cm, e densamente esbranquiçadas-tomentosas na face inferior. A face superior apresenta pelos curtos e esparsos, margem inteira ou ligeiramente ondulada e ápice obtuso, com nervura central proeminente na face inferior. O pecíolo é forte e comprido, medindo de 16 a 25 cm de comprimento, com pelos uncinados e cálix na base. É uma espécie dióica, ou seja, possui indivíduos machos e fêmeas.(CARVALHO, 2006) A Embaúba é uma espécie pioneira, associada a capoeiras novas, áreas de vegetação secundária que surgem em terrenos previamente desmatados, situadas junto a vertentes ou cursos d'água, estabelecendo-se rapidamente em clareiras descampadas. Popularmente é conhecida por seu uso medicinal da folha e casca. (CARVALHO, 2006)

Andrade et. al avaliaram o potencial antimicrobiano e antifúngico do extrato etanólico de folhas da Embaúba, que demonstrou atividade contra linhagens bacterianas *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyrogenes* e a levedura *Candida albicans* levando a resultados promissores.(Andrade et al., 2021)

Com intuito de validar as propostas deste trabalho, realizou-se uma coleta de dados em campo. Para este fim empregou-se a escala de Likert como método de obtenção de informações. Essa técnica é reconhecida e frequentemente utilizada em pesquisas científicas, permitindo que os participantes expressem suas opiniões, atitudes ou experiências em relação a variáveis específicas de interesse. A escala de Likert consiste em uma série de afirmações ou questões nas quais os respondentes atribuem um grau de concordância ou discordância, geralmente em uma escala que varia de "discordo totalmente" a "concordo totalmente", com diferentes níveis intermediários. Segundo Nogueira (2002), essa abordagem oferece uma maneira estruturada e quantificável de coletar dados sobre uma ampla variedade de fenômenos, fornecendo insights valiosos para análises posteriores. Essa escala pode ser adaptada com diferentes quantidades de pontos ou níveis de detalhamento, visto que um número maior de pontos proporciona respostas mais precisas.

De forma a contribuir para a gestão dos recursos florestais de forma a reduzir o desmatamento e garantir a preservação das espécies de árvores brasileiras, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um Sistema Web para identificação da flora por imageamento aéreo utilizando Inteligência Artificial (IA), capaz de identificar árvores de interesse econômico e ambiental, importantes para equilíbrio da biodiversidade. A aplicação destina-se à elaboração de inventários florestais, levantamentos detalhados de espécies arbóreas para fins de manejo e conservação, em projetos de empreendimentos imobiliários, bem como embasamento técnico para propostas de manejo e rastreamento de árvores na região da mata Atlântica.

OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é desenvolver um Sistema Web para identificação de flora por meio de imageamento aéreo, utilizando uma rede neural convolucional. Esse sistema tem por finalidade identificar árvores na região da Mata Atlântica. Através desse sistema, será possível auxiliar na elaboração de laudos de flora em projetos de empreendimentos imobiliários, visando a preservação e o equilíbrio da biodiversidade, além da identificação precisa e em larga escala de espécies invasoras. Assim, o trabalho visa otimizar o processo de identificação de espécies ameaçadas e contribuir para a conservação e preservação da biodiversidade da Mata Atlântica. Nesta etapa do projeto, também será desenvolvida uma aplicação mobile para visualização dos relatórios de identificação das árvores. Esses relatórios serão gerados automaticamente por uma API, que utiliza uma inteligência artificial generativa para identificar e organizar os dados de inventário florestal previamente salvos em nuvem. Dessa forma, a aplicação mobile possibilitará o acesso rápido e eficiente aos relatórios de flora, apoiando a tomada de decisões e o monitoramento contínuo de áreas de interesse ambiental.

- Desenvolver um sistema mobile para visualização de relatórios;
- Implementar a API em ambiente de nuvem;
- Testar e validar a funcionalidade da IA generativa.

ESTADO DA ARTE

Nesta seção, você deverá realizar um mapeamento de toda a produção acadêmica sobre o tema do seu projeto. É um processo bastante importante porque reúne todas as pesquisas e descrevem as conclusões das pesquisas sobre o tema (Smith; Jones, 1999). Para escrever um bom estado da arte, você poderá utilizar algumas perguntas norteadoras, tais como:

1. O que as atuais pesquisas científicas concluíram sobre o tema?
2. Quais as divergências dos pesquisadores sobre o assunto?
3. Quem está pesquisando sobre esse tema?
4. Onde estão fazendo essas pesquisas?

Em outras palavras, o estado da arte destaca os aspectos de outras pesquisas, mas também identifica as lacunas que existem nessas pesquisas. Ou seja: analisa o que as pesquisas falaram e o que não falaram sobre o tema (Alencar; Almeida; Mota, 2007; Beltrano, 2021; Fulano, 2021).

Segundo Ramos e Miranda (2003), para que você possa descrever as pesquisas/trabalhos que estão relacionados ao seu, não esqueça de citá-los ao decorrer do texto. Para isso, você poderá utilizar o comando \cite para citação implícita ou o comando \textcite para citações explícitas.

As citações diretas curtas (de até três linhas) acompanham o corpo do texto e se destacam com aspas duplas. Caso o texto original já contenha aspas, estas devem ser substituídas por aspas simples. Enquanto que, para representar as citações diretas longas (com mais de três linhas), estas

devem ser transcritas em parágrafo distinto, da seguinte forma:

Toda citação direta com mais de três linhas é considerada uma citação direta longa. Este tipo de citação deve ser escrita sem aspas, em parágrafo distinto, com fonte de tamanho 10, espaçamento simples e com recuo de 4cm da margem esquerda, terminando na margem direita, conforme ilustrado neste exemplo (Andujar, 2006).

Vale ressaltar que a utilização de citações diretas longas deve ser evitada durante a escrita de artigos científicos. Conforme visto em Kalakota e Robinson (2002) e Purcidonio (2008), os dados de cada referência podem ser obtidos de um arquivo com a extensão bib, geralmente na própria página de *download* da referência (artigos, livros, etc.) ou, ainda, a partir do Google Acadêmico, etc.

METODOLOGIA

A seção de Metodologia explica aos leitores quais procedimentos, abordagens, desenhos e tratamento realizamos na pesquisa, o que permitirá replicar os estudos, entender a linearidade entre a abordagem dos objetivos e os resultados obtidos, determinar sua adequação e relevância e evidenciar qualquer viés na maneira como o estudo foi elaborado e realizado. Em outras palavras, é uma estrutura contextual que apresenta um caminho lógico para responder a perguntas que você levanta no início de sua tese ou artigo (Knuth, 1984).

É importante que nesta seção, você descreva todas as ferramentas e tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da sua pesquisa (Boulic; Renault, 1991). Lembre-se de detalhar para que serve cada ferramenta e tecnologia e o motivo da sua escolha.

RESULTADOS PRELIMINARES

O propósito da seção de resultados, como o próprio nome indica, é revelar o que foi encontrado na pesquisa. Essa parte do artigo estará composta dos dados relevantes obtidos e sintetizados pelo autor.

Nesta seção, você deverá apresentar todos os elementos solicitados no mapa mental relacionados ao seu projeto: diagramas, protótipos, modelo de negócios, principais funções e componentes desenvolvidos. Para tanto, na subseção a seguir, você poderá consultar como é feita a inserção de figuras, fluxogramas, fotografias, gráficos, tabelas e quadros.

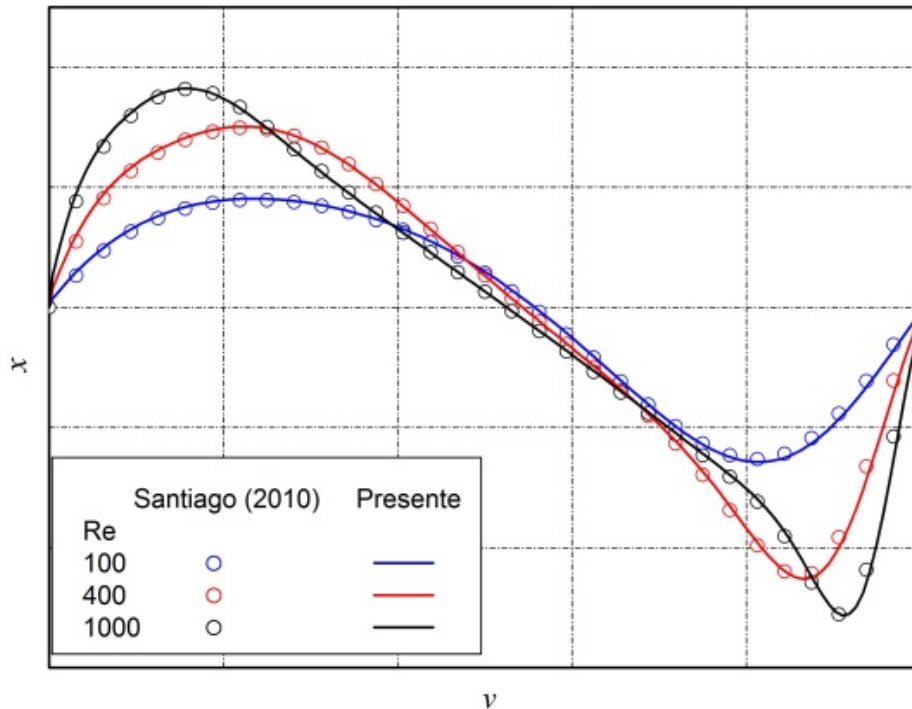
ILUSTRAÇÃO E TABELA

Independentemente da ilustração (figura, fluxograma, fotografia, gráfico, quadro, entre outras) ou tabela inserida no trabalho, sua identificação deve aparecer na parte superior. Esta identificação deve ser precedida da palavra designativa, seguida de seu número de ordem de ocorrência no texto, em algarismos arábicos, travessão e do respectivo título.

Após a ilustração ou tabela, na parte inferior, indicar a fonte consultada (mesmo sendo produção do próprio autor), legenda, notas e outras informações necessárias à sua compreensão (se houver). A ilustração deve ser citada no texto e inserida o mais próximo possível do trecho a que se refere. A seguir, encontra-se um exemplo para a inserção de um elemento do tipo Gráfico, o Gráfico 1.

Em computação, é muito comum a utilização de fluxogramas, para documentar, estudar, planejar, melhorar e comunicar processos complexos por meio de diagramas claros e fáceis de entender. Um fluxograma é um diagrama que descreve um processo, sistema ou algoritmo de computador. O Fluxograma 1 é um dos vários exemplos deste tipo de ilustração que pode ser gerado ou editado na ferramenta *online* Lucidchart, entre outras.

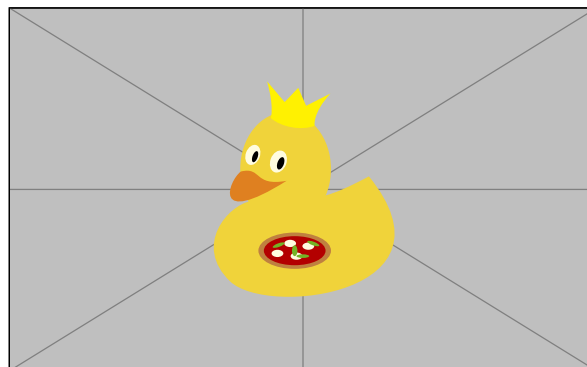
Gráfico 1 – Exemplo de gráfico



Fonte: Autoria Própria (2024)

O LaTeX tem uma biblioteca específica para utilizar imagens no documento. O pacote `graphicx` habilita um ambiente chamado `figure`, que permite que você insira imagens de uma forma simples no texto. A Figura 1 é um exemplo deste tipo de ilustração.

Figura 1 – Exemplo de figura



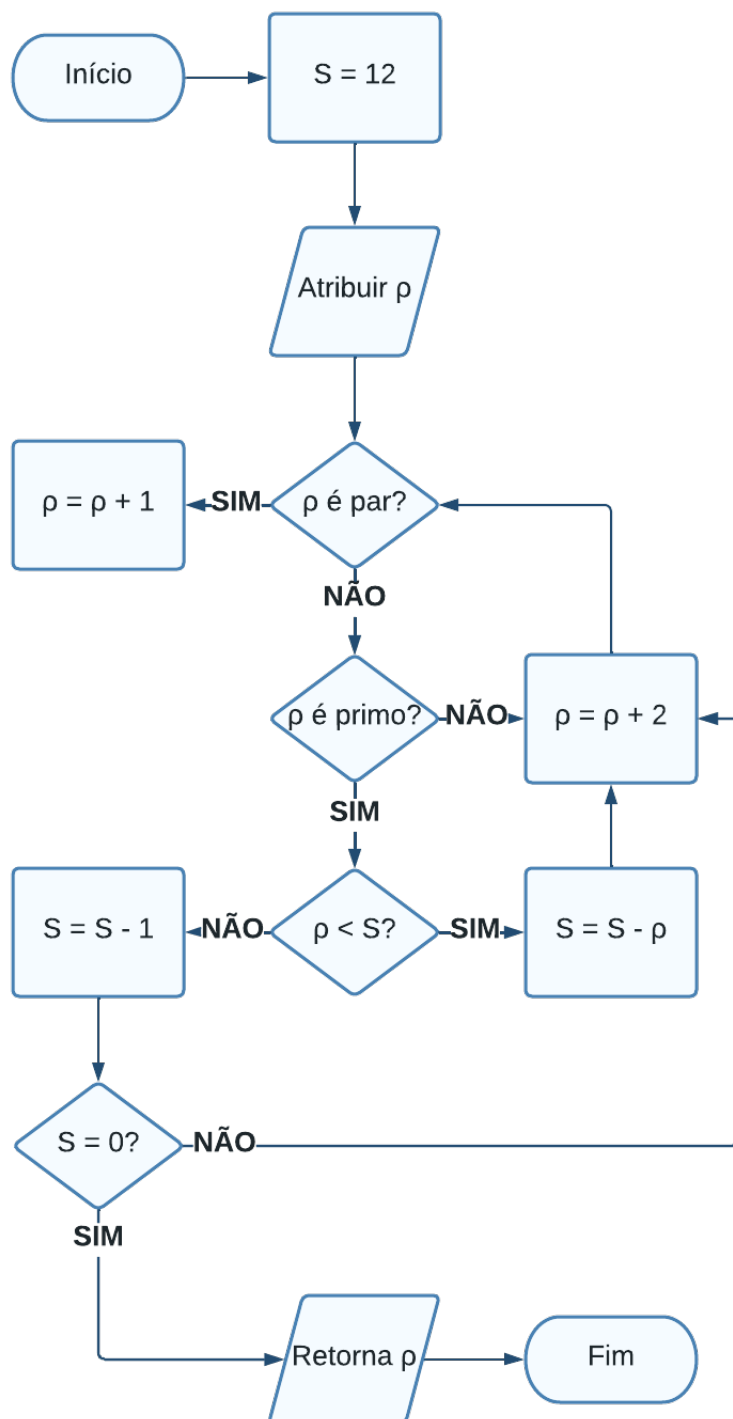
Fonte: Autoria Própria (2024)

Caso seja necessário, você ainda poderá inserir fotografias, por meio do ambiente *photograph*, conforme ilustrado na Fotografia 1.

Outro elemento visual bastante utilizado na seção de Resultados são as tabelas, pois elas fornecem uma estrutura visualmente organizada para apresentar dados, tornando a leitura e a compreensão do conteúdo mais fácil para o leitor. As células, linhas e colunas ajudam a alinhar informações de maneira sistemática.

Para conjuntos de dados comparativos, as tabelas são particularmente úteis. Elas possibilitam a disposição lado a lado de informações relacionadas, facilitando a comparação direta entre diferentes elementos.

Fluxograma 1 – Exemplo de fluxograma de algoritmo



Fonte: Autoria Própria (2024)

Tabelas e quadros devem estar centralizados e conter apenas dados imprescindíveis, evitando-se que sejam muito extensos, não repetindo dados já inseridos no texto, ou vice-versa. O formato de tabela pode ser observado na Tabela 1.

No caso de quadros, deve ser seguida a estrutura demonstrada no Quadro 1. Caso os dados sejam inéditos e provenientes de uma pesquisa realizada pelos próprios autores do trabalho, essa

Fotografia 1 – Fachada da Fatec de Registro



Fonte: Autoria Própria (2024)

Tabela 1 – Exemplo de tabela

Idade	Percentual (%)
Até 20 anos	0
De 21 a 30 anos	10
De 31 a 40 anos	20
De 41 a 50 anos	30

Fonte: Adaptada de Beltrano (2021)

especificação deve constar na fonte com o ano da pesquisa de campo. Nesse caso, a fonte deve ser: Autoria Própria (2024).

Quadro 1 – Tipografia das seções

Seção	Tipografia	Exemplo
Primária	Letras maiúsculas em negrito	1 SEÇÃO PRIMÁRIA
Secundária	Letras maiúsculas sem negrito	1.1 SEÇÃO SECUNDÁRIA
Terciária	Letra inicial de todas as palavras em maiúscula, sem negrito	1.1.1 Seção Terciária
Quaternária	Letra inicial da primeira palavra em maiúscula, sem negrito	1.1.1.1 Seção quaternária
Quinária	Letra inicial da primeira palavra em maiúscula, sem negrito e em itálico	<i>1.1.1.1.1 Seção quinária</i>

Fonte: Autoria Própria (2024)

Quadros e tabelas podem ser inseridos neste documento usando os ambientes tabframed e table, respectivamente, conforme exemplos no arquivo-fonte deste modelo. A geração ou edição

desses elementos visuais pode ser realizada por meio de ferramentas *online*, tais como: Tables Generator e Latex Tables Editor, entre outras.

EQUAÇÕES

Equações podem ser inseridas neste documento usando o ambiente `equation`, como ilustrado na Equação (1).

$$u = \beta \operatorname{sen}(\pi x) \frac{(e^{2x} - 1)(e^y - 1)}{(e^2 - 1)(e - 1)} \quad (1)$$

Símbolos matemáticos (ou equações mais simples) podem ser inseridos ao longo do texto de um parágrafo usando o ambiente do Latex `math`. É possível ainda, a utilização de ferramentas online para a geração ou edição de equações, tais como: Formula Sheet e Latex Equation Editor.

CONCLUSÃO

Apresente aqui as conclusões do seu trabalho, verifique se o objetivo foi cumprido, apresenta respostas para o problema da pesquisa, relate as limitações e as recomendações do estudo. Por fim, coloque sugestões para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

AGENDA 2030. **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015.

Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/sobre/>

ALENCAR, Luciana Hazin; ALMEIDA, Adiel Teixeira de; MOTA, Caroline Maria de Miranda. Sistemática proposta para seleção de fornecedores em gestão de projetos. **Gestão & Produção**, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), v. 14, n. 3, p. 477–487, dez. 2007. ISSN 0104-530X. DOI: 10.1590/s0104-530x2007000300005.

ANDRADE, Beatriz Rayana Damásio de et al. Avaliação do potencial antimicrobiano do extrato Etanólico de Folhas da *Cecropia pachystachya* t.(Embaúba). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, e85101018679–e85101018679, 2021.

ANDUJAR, Andrea Martins. **Modelo de qualidade de vida dentro dos domínios bio-psico-social para aposentados**. 2006. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, maio 2006.

Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/88517>

Acesso em: 5 dez. 2023

BELTRANO, P. **Título do trabalho do Beltrano**. Edição: P. Sicrano. [S. l.: s. n.], 2021.

BGCI. State of the World's Trees. **Botanic Gardens Conservation International**, 2021.

BOULIC, R.; RENAULT, O. 3D Hierarchies for Animation. In: MAGNENAT-THALMANN, Nadia; THALMANN, Daniel (ed.). **New Trends in Animation and Visualization**. [S. l.]: John Wiley & Sons Ltd., 1991.

CARVALHO, PER. Embaúba: *Cecropia pachystachya*. In: CARVALHO, PER *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília, DF: Embrapa . . ., 2006.

FULANO, P. **Título do trabalho do Fulano**. Edição: P. Beltrano. [S. l.: s. n.], 2021.

KALAKOTA, Ravi; ROBINSON, Marcia. **E-Business**: Estratégias para Alcançar o Sucesso no Mundo Digital. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2002. 470 p. ISBN 9788573078756.

KNUTH, Donald E. **The TeX Book**. 15th. [S. l.]: Addison-Wesley, 1984.

MAPBIOMAS. **Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra na Mata Atlântica - Coleção 6**. [S. l.], 2021. Acessado em 01/06/2023.

PURCIDONIO, Paula Michelle. **Práticas de gestão do conhecimento em arranjo produtivo local**: o setor moveleiro de Arapongas — PR. 2008. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, PR, fev. 2008. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3661>

.
Acesso em: 5 dez. 2023
.

RAMOS, Anatália Saraiva Martins; MIRANDA, Ana Lúcia Brenner. Processo de adoção de um sistema integrado de gestão (ERP): uma pesquisa qualitativa com gestores da Unimed/Natal. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 23., out. 2003, Ouro Preto, MG. **Anais [. . .]**. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2003. Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), p. 1–8. Paper ID: ENEGEP2003-TR0903-1652. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0903_1652.pdf

.
Acesso em: 5 dez. 2023
.

SMITH, A.; JONES, B. On the Complexity of Computing. In: SMITH-JONES, A. B. (ed.). **Advances in Computer Science**. [S. l.]: Publishing Press, 1999. p. 555–566.

SOS MATA ATLÂNTICA ET AL. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**. São Paulo, 2022.