Arquitetura Paisagista Regenerativa: Aplicações da Permacultura no Cerrado de Jaboticatubas

Fernando Ramos Carvalho
Mestrado em Arquitetura Paisagista
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento de Território
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
2026



Arquitetura Paisagista Regenerativa: Aplicações da Permacultura no Cerrado de Jaboticatubas

Fernando Ramos Carvalho

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Arquitetura Paisagista
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento de Território
2026

Orientador
Paulo Jorge Rodrigues Farinha Marques, Professor Catedrático e Arquiteto Paisagista, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos meus pais Luiz Henrique e Rita que me incentivaram e me apoiaram, ao meu pai especialmente, que como engenheiro eletricista e dono da Fazenda Campo Dourado, e das usinas presentes nela foi uma figura importante para o desenvolvimento desta tese, ao meu falecido avô por ser uma inspiração para mim, sendo marceneiro e uma figura muito presente na minha infância e adolescência, assim como a minha avó que sonhava em ter a profissão que tenho hoje de arquiteto mas não pôde na época e que a admirava muito a Arquitetura Paisagista também; aos meus padrinhos Alzira e Jorge, cujo último faleceu ano passado mas estará sempre comigo, uma pessoa pacífica e amante da natureza e dono de um lindo jardim que ele regava sempre para mantê-lo verde e vibrante. Agradeço também ao meu orientador, professor Paulo Farinha Marques pelas recomendações, e finalmente ao caseiro Lalim, que me ajudou muito com informações valiosas sobre a área de estudo.

Resumo

Esta pesquisa aborda a aplicação dos princípios da permacultura na Arquitetura Paisagista regenerativa como estratégia de recuperação ambiental e reorganização sustentável de uma paisagem no bioma do Cerrado Brasileiro do estado de Minas Gerais, tendo como área de estudo a Fazenda Campo Dourado no município de Jaboticatubas. O trabalho parte da compreensão das dinâmicas ecológicas do Cerrado e dos impactos provocados pelos processos de degradação ambiental associados à expansão agropecuária, fragmentação da vegetação nativa e uso inadequado dos recursos naturais.

A pesquisa fundamenta-se em revisão bibliográfica, análise territorial e elaboração projetual voltadas à integração entre conservação ambiental, manejo hídrico, produção sustentável e geração de energia renovável. A metodologia adotada inclui levantamento de dados ambientais, análise do uso e ocupação do solo, diagnóstico da área de intervenção e aplicação de princípios da permacultura e do desenho regenerativo no desenvolvimento da proposta paisagística.

A proposta de Arquitetura Paisagista Regenerativa estrutura-se por meio do zoneamento Permacultural, implantação de Sistemas Agroflorestais, técnicas de manejo ecológico da água como poços meia-lua e barramentos de retenção, além da integração de Sistemas Agrovoltaicos adaptados às condições ambientais do Cerrado.

Os resultados demonstram que a aplicação integrada dessas estratégias pode contribuir para a recuperação da funcionalidade ecológica da paisagem, fortalecimento da infiltração hídrica, regeneração do solo, ampliação da biodiversidade e diversificação produtiva em áreas rurais degradadas. Além disso, o estudo evidencia o potencial da Arquitetura Paisagista Regenerativa como instrumento de planejamento territorial sustentável e adaptação às mudanças climáticas em regiões do Cerrado.

Conclui-se que a integração entre Permacultura, Paisagismo Regenerativo e tecnologias sustentáveis apresenta potencial significativo para construção de modelos territoriais mais resilientes, ecológicos e produtivos, especialmente em contextos rurais sujeitos à vulnerabilidade ambiental e hídrica.

Palavras-chave: Cerrado; permacultura; arquitetura paisagista regenerativa; agrofloresta; manejo hídrico; sistemas Agrovoltaicos; Jaboticatubas.

Abstract

This research addresses the application of permaculture principles in Regenerative Landscape Architecture as a strategy for environmental restoration and sustainable reorganization of a landscape within the Brazilian Cerrado biome in the state of Minas Gerais, using the Campo Dourado Farm, located in the municipality of Jaboticatubas, as the study area.

The study is based on an understanding of the ecological dynamics of the Cerrado and the impacts caused by environmental degradation processes associated with agricultural expansion, fragmentation of native vegetation, and the inappropriate use of natural resources.

The research is grounded in a literature review, territorial analysis, and project development aimed at integrating environmental conservation, water management, sustainable production, and renewable energy generation. The adopted methodology includes the collection of environmental data, analysis of land use and land cover, diagnosis of the intervention area, and the application of permaculture and regenerative design principles in the development of the proposal.

The Regenerative Landscape Architecture proposal is structured through Permaculture zoning, the implementation of Agroforestry Systems, ecological water management techniques such as half-moon wells and water-retention dams, as well as the integration of Agrivoltaic Systems adapted to the environmental conditions of the Cerrado.

The results demonstrate that the integrated application of these strategies can contribute to restoring the ecological functionality of the landscape, enhancing water infiltration, regenerating soils, increasing biodiversity, and diversifying productive activities in degraded rural areas. Furthermore, the study highlights the potential of Regenerative Landscape Architecture as a tool for sustainable territorial planning and climate change adaptation in Cerrado regions.

It is concluded that the integration of Permaculture, Regenerative Landscape Architecture, and sustainable technologies presents significant potential for the development of more resilient, ecological, and productive territorial models, especially in rural contexts subject to environmental and water-related vulnerability.

Keywords: Cerrado; permaculture; regenerative landscape architecture; agroforestry; water management; agrivoltaic systems; Jaboticatubas.

Índice

Lista de Figuras vii

1.Introdução 1

1.1 Contextualização do tema 1

1.2 Problemas 2

1.3 Hipótese 2

1.4 Objetivos 3

1.5 Justificativa 3

1.6 Metodologia 4

2. Fundamentação Teórica 5

2.1 Arquitetura Paisagista: conceitos e abordagens contemporâneas 5

2.2 Sustentabilidade e paisagem 6

2.3 Permacultura: origem, princípios e ética 7

2.4 Zoneamento Permacultural 8

2.5 Agroecologia e sistemas produtivos sustentáveis 9

2.6 Infraestruturas ecológicas e regeneração da paisagem 10

3. O Bioma Cerrado e sua Dinâmica 12

3.1 Caracterização do Cerrado brasileiro 12

3.2 Clima, solo e hidrologia 13

3.3 Biodiversidade e fitofisionomias 14

3.4 Processos de degradação ambiental 15

3.5 Potencial para estratégias regenerativas 16

4.1 Localização e contexto regional 17

4.2 Caracterização física e ambiental 19

4.3 Uso e ocupação do solo 21

4.4 Dinâmicas rurais e produtivas 22

4.5 Diagnóstico da área de intervenção 23

5. Arquitetura Paisagista e Permacultura 25

5.1 Integração entre Permacultura e projeto paisagístico 25
5.2 Estratégias de zoneamento no projeto 26
5.3 Manejo da água 28
5.4 Sistemas Agroflorestais e produção integrada 30
5.5 Sistemas Agrovoltaicos 31
5.6 Princípios de desenho regenerativo 32
6. Metodologia de Projeto 34
6.1 Etapas metodológicas 34
6.2 Levantamento e análise de dados 34
6.3 Diretrizes projetuais 36
6.4 Ferramentas e critérios de intervenção 37
7. Proposta de Arquitetura Paisagista 38
7.1 Conceito do projeto 38
7.2 Zoneamento da área 39
7.3 Organização espacial da paisagem 41
7.4 Estratégias ecológicas aplicadas 42
7.5 Sistemas produtivos e energéticos 43
7.6 Seleção de Espécies Vegetais e Estratégias de Revegetação 44
7.7 Detalhamento das intervenções 46
7.8 Viabilidade econômica e estratégias de implementação 47
8. Discussão dos Resultados 48
8.1 Avaliação da proposta 48
8.2 Benefícios ambientais, sociais e produtivos 48
8.3 Limitações do estudo 49
8.4 Possibilidades de replicação 49
9. Conclusão 50
9.1 Síntese dos resultados 50
9.2 Contribuições da pesquisa 50
9.3 Recomendações para estudos futuros 50

Referências Bibliográficas 52

Lista de Figuras

Figura 1 - Diagrama de Zoneamento Permacultural 8
Figura 2 - Foto da Fazenda Campo Dourado em Jaboticatubas tirada pelo autor..... 11
Figura 3 - Mapa dos biomas brasileiros – WWF, 2000..... 12
Figura 4 - Mapa hidrográfico de Jaboticatubas desenvolvido pelo autor 18
Figura 5 - Mapa de hipsometria de Jaboticatubas desenvolvido pelo autor 19
Figura 6 - Mapa de solos de Jaboticatubas desenvolvido pelo autor 20
Figura 7 - Mapa de Cobertura e Uso do Solo de Jaboticatubas 21
Figura 8 - Foto aérea da área de estudo de 2023 23
Figura 9 - Imagem dos poços meia-lua no projeto. 28
Figura 10 - Exemplos de poços meia-lua utilizados em Quênia. 28
Figura 11 - Evolução do processo dos poços meia-lua. 29
Figura 12 - Exemplo de Barramento em formato de Arco Romano. 30
Figura 13 - Camada de Serrapilheira no solo. 30
Figura 14 – Projeto agrovoltaico na Espanha com uma estrutura elevada 32
Figura 15 - Plano Geral do projeto 38
Figura 16 – Zoneamento atual da Área de Estudo 39
Figura 17 - Cortes conceptuais do projeto 41
Figura 18 - Plano de plantação conceitual desenvolvido pelo autor. 41
Figura 19 - Imagem alterada do projeto com sua vegetação estabelecida 43
Figura 20. - Imagem representativa dos Sistemas Agrovoltaicos. 44
Figura 21 - Embaúba *(Cecropia pachystachya)*. 44
Figura 22 - Vinhático (*Plathymenia reticulata*). 45
Figura 23 Ipê-amarelo (*Handroanthus albus*). 45
Figura 24 - Ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*) 46

1.Introdução

1.1 Contextualização do tema

Nas últimas décadas, a crescente intensificação dos impactos ambientais decorrentes dos modelos convencionais de ocupação e exploração do território tem impulsionado discussões sobre novas formas de planejamento e intervenção na paisagem. Nesse contexto, a Arquitetura Paisagista contemporânea passa a incorporar abordagens voltadas não apenas à conservação ambiental, mas também à regeneração dos sistemas ecológicos degradados, buscando promover relações mais equilibradas entre sociedade e natureza.

O conceito de Design Regenerativo, desenvolvido por John Tillman Lyle, fundamenta-se na ideia de que os sistemas humanos devem funcionar em integração com os processos naturais, promovendo renovação contínua dos recursos ambientais e recuperação das dinâmicas ecológicas. Essa abordagem ultrapassa os limites da sustentabilidade tradicional ao propor intervenções capazes de restaurar funções ecológicas e fortalecer a resiliência ambiental das paisagens.

Paralelamente, a Permacultura surge como uma importante ferramenta de planejamento sustentável. Criada por Bill Mollison e David Holmgren na década de 1970, a Permacultura consiste em um sistema integrado de design que busca reproduzir os padrões observados nos ecossistemas naturais, articulando produção agrícola, conservação ambiental, eficiência energética e qualidade de vida. Seus princípios estão fundamentados nas éticas do cuidado com a Terra, do cuidado com as pessoas e da partilha justa dos recursos.

A relevância dessas abordagens torna-se ainda mais evidente no Cerrado brasileiro, bioma considerado um dos mais biodiversos do planeta e fundamental para a manutenção dos recursos hídricos nacionais. Apesar de sua importância ecológica, o Cerrado enfrenta intensos processos de degradação decorrentes da expansão agropecuária, do desmatamento, das queimadas e do uso inadequado do solo. Essas transformações comprometem a biodiversidade, os recursos hídricos e a estabilidade dos ecossistemas.

No município de Jaboticatubas, localizado no vetor norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte e inserido na Serra do Espinhaço, observa-se um território com grande diversidade ambiental e elevado potencial para a implementação de estratégias regenerativas. A presença de áreas rurais extensas, recursos hídricos relevantes e diferentes formações vegetais do Cerrado criam condições favoráveis para o

desenvolvimento de propostas integradas de Arquitetura Paisagista Regenerativa associadas aos princípios da Permacultura.

1.2 Problemas

Os modelos convencionais de ocupação rural e exploração agrícola têm provocado impactos significativos sobre os ecossistemas do Cerrado, especialmente em áreas sujeitas à degradação do solo, redução da cobertura vegetal, erosão e comprometimento dos recursos hídricos. Em regiões rurais de Jaboticatubas, essas problemáticas são agravadas pelas características naturais do bioma, como solos ácidos de baixa fertilidade, períodos prolongados de estiagem e vulnerabilidade à erosão superficial.

Além disso, a fragmentação da vegetação nativa e a adoção de práticas produtivas pouco adaptadas às condições ambientais locais reduzem a capacidade de regeneração natural da paisagem e comprometem a sustentabilidade das atividades rurais. A ausência de planejamento integrado entre produção agrícola, manejo hídrico, conservação ambiental e organização espacial da paisagem evidencia a necessidade de estratégias mais resilientes e ecologicamente equilibradas.

Diante desse cenário, surge o seguinte questionamento: de que forma os princípios da Permacultura e da Arquitetura Paisagista Regenerativa podem contribuir para a recuperação ambiental, reorganização produtiva e fortalecimento da resiliência ecológica em áreas rurais do Cerrado de Jaboticatubas?

1.3 Hipótese

Parte-se da hipótese de que a aplicação integrada dos princípios da Permacultura à arquitetura paisagista regenerativa pode contribuir para a recuperação das funções ecológicas da paisagem rural no Cerrado de Jaboticatubas. Por meio de estratégias como o zoneamento permacultural, o manejo hídrico, os Sistemas Agroflorestais e a integração de tecnologias sustentáveis é possível promover maior infiltração e retenção de água, regeneração dos solos, aumento da biodiversidade e diversificação produtiva.

Pressupõe-se ainda que a organização espacial da paisagem baseada nos padrões ecológicos locais favorece a construção de sistemas territoriais mais resilientes e adaptados às condições climáticas do Cerrado, conciliando conservação ambiental, produção rural e uso sustentável dos recursos naturais.

1.4 Objetivos

Objetivo Geral

Desenvolver uma proposta de Arquitetura Paisagista Regenerativa aplicada ao Cerrado de Jaboticatubas, utilizando princípios da Permacultura como instrumento de organização espacial, recuperação ambiental e fortalecimento da sustentabilidade rural.

Objetivos Específicos

- Contextualizar as características ambientais, territoriais e ecológicas do Cerrado no município de Jaboticatubas;
- Investigar os princípios da Permacultura e sua relação com a Arquitetura Paisagista contemporânea;
- Analisar técnicas regenerativas aplicáveis ao contexto rural do Cerrado, como poços meia-lua, Sistemas Agroflorestais, barramentos de contenção e Sistemas Agrovoltaicos;
- Avaliar as potencialidades e limitações ambientais da área de estudo;
- Elaborar diretrizes de zoneamento permacultural para organização funcional da paisagem;
- Desenvolver uma proposta projetual que integre produção rural, conservação ambiental e regeneração ecológica;
- Contribuir para as discussões sobre práticas regenerativas e planejamento sustentável no contexto do Cerrado brasileiro.

1.5 Justificativa

O Cerrado brasileiro possui elevada relevância ambiental devido à sua biodiversidade, à presença de importantes nascentes hidrográficas e ao papel fundamental na regulação climática e hídrica do território nacional. Entretanto, o avanço das atividades agropecuárias intensivas e o uso inadequado dos recursos naturais têm provocado processos contínuos de degradação ambiental no bioma.

Em Jaboticatubas, essas transformações afetam diretamente áreas rurais que apresentam grande diversidade ecológica, incluindo formações de Cerrado, Campos Rupestres e Floresta Estacional Semidecidual. A degradação do solo, a redução da vegetação nativa e os impactos sobre os recursos hídricos tornam necessária a adoção de estratégias capazes de restaurar o equilíbrio ecológico e promover formas mais sustentáveis de ocupação territorial.

Nesse contexto, a Permacultura apresenta-se como uma abordagem relevante por integrar práticas ecológicas, planejamento espacial e sistemas produtivos sustentáveis. Sua aplicação associada à Arquitetura Paisagista possibilita o desenvolvimento de soluções adaptadas às condições ambientais locais, promovendo não apenas recuperação ecológica, mas também fortalecimento das atividades produtivas rurais.

Além disso, a pesquisa se justifica pela necessidade de ampliar estudos sobre práticas regenerativas aplicadas ao Cerrado, especialmente no campo da Arquitetura Paisagista. Ao propor diretrizes projetuais integradas ao contexto ambiental de Jaboticatubas, este trabalho busca contribuir para o desenvolvimento de modelos territoriais mais resilientes, sustentáveis e adaptados às mudanças climáticas.

1.6 Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma abordagem qualitativa e aplicada, estruturada em etapas complementares de levantamento teórico, análise ambiental e elaboração projetual.

Inicialmente, foi realizada revisão bibliográfica sobre Arquitetura Paisagista Regenerativa, Permacultura, Agroecologia, recuperação de áreas degradadas e sustentabilidade no Cerrado brasileiro. Essa etapa buscou compreender os fundamentos teóricos e metodológicos relacionados às estratégias regenerativas aplicáveis ao contexto rural.

Posteriormente, foi realizado o levantamento e caracterização da área de estudo em Jaboticatubas, considerando aspectos físicos, ambientais e territoriais, como relevo, hidrografia, vegetação, uso do solo, condições climáticas e processos de degradação ambiental.

A pesquisa também envolve análise de técnicas regenerativas aplicáveis ao contexto local, incluindo:

- poços meia-lua para retenção hídrica;
- barramentos de contenção para controle da erosão;
- Sistemas Agroflorestais;
- semeadura direta e reflorestamento;
- transposição de serrapilheira;
- Sistemas Agrovoltaicos.

Com base nessas análises, foi elaborado um zoneamento Permacultural da área de intervenção, organizando espacialmente os diferentes usos e estratégias de manejo da

paisagem. Em seguida, foi desenvolvida uma proposta de Arquitetura Paisagista Regenerativa integrando conservação ambiental, produção rural, manejo hídrico e recuperação ecológica.

Por fim, são discutidos os resultados obtidos, avaliando as potencialidades e limitações da proposta e suas possibilidades de replicação em outras áreas do Cerrado brasileiro.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Arquitetura Paisagista: conceitos e abordagens contemporâneas

A Arquitetura Paisagista constitui um campo interdisciplinar voltado à compreensão, planejamento e transformação da paisagem a partir da integração entre aspectos ecológicos, culturais, sociais e funcionais. Historicamente associada à composição estética de jardins e espaços livres, a disciplina ampliou seu escopo ao longo do século XX, incorporando questões ambientais, urbanas e territoriais. Na contemporaneidade, a Arquitetura Paisagista passa a atuar não apenas como instrumento de ordenamento espacial, mas também como estratégia de regeneração ecológica e promoção da sustentabilidade.

Segundo Lyle (1994), o conceito de design regenerativo propõe uma mudança paradigmática no modo de conceber os projetos paisagísticos, buscando restabelecer relações simbióticas entre os sistemas humanos e naturais. Diferentemente de abordagens convencionais, que frequentemente mitigam impactos sem alterar a lógica de exploração ambiental, o design regenerativo procura restaurar os ciclos ecológicos e fortalecer a capacidade de autorrenovação dos ecossistemas.

Nesse contexto, a paisagem deixa de ser compreendida apenas como cenário físico ou elemento visual e passa a ser interpretada como um sistema dinâmico e complexo, constituído por fluxos de energia, água, matéria e relações socioculturais. A atuação do arquiteto paisagista contemporâneo envolve, portanto, a análise integrada do território, considerando fatores como clima, relevo, hidrologia, vegetação, biodiversidade, ocupação humana e processos históricos.

No âmbito rural, especialmente em áreas de Cerrado, a Arquitetura Paisagista assume papel estratégico na articulação entre produção agrícola, conservação ambiental e valorização cultural. A aplicação de princípios ecológicos no planejamento da paisagem rural permite integrar sistemas produtivos sustentáveis, manejo hídrico, recuperação de áreas degradadas e fortalecimento da biodiversidade local.

Assim, a Arquitetura Paisagista contemporânea aproxima-se de práticas regenerativas como a Permacultura e a agroecologia, que buscam construir sistemas resilientes, produtivos e ambientalmente equilibrados, contribuindo para novas formas de ocupação e manejo do território.

2.2 Sustentabilidade e paisagem

O conceito de sustentabilidade ganhou destaque internacional a partir das discussões ambientais intensificadas na segunda metade do século XX, especialmente após a publicação do Relatório Brundtland, em 1987, que definiu desenvolvimento sustentável como aquele capaz de atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprirem suas próprias necessidades.

Na Arquitetura Paisagista, a sustentabilidade relaciona-se diretamente à capacidade da paisagem de manter seus processos ecológicos, produtivos e socioculturais ao longo do tempo. A paisagem sustentável é aquela que preserva a biodiversidade, protege os recursos naturais, promove o equilíbrio entre usos humanos e sistemas naturais e reduz impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas.

Os modelos convencionais de ocupação territorial e produção agrícola têm provocado intensos processos de degradação ambiental, incluindo desmatamento, erosão do solo, contaminação hídrica, fragmentação de habitats e perda de biodiversidade. No Cerrado brasileiro, esses impactos tornam-se ainda mais preocupantes devido à expansão agropecuária intensiva, às queimadas e à substituição da vegetação nativa por monoculturas.

Nesse cenário, a sustentabilidade da paisagem depende da adoção de estratégias integradas de manejo ambiental, capazes de restaurar funções ecológicas e garantir maior resiliência frente às mudanças climáticas. Entre essas estratégias destacam-se a conservação do solo, o manejo eficiente da água, a recuperação da vegetação nativa, a diversificação produtiva e o fortalecimento de corredores ecológicos.

A noção contemporânea de sustentabilidade também ultrapassa a dimensão ambiental e incorpora aspectos sociais, econômicos e culturais. Dessa forma, uma paisagem sustentável deve promover qualidade de vida, segurança alimentar, inclusão social e valorização dos conhecimentos tradicionais associados ao território.

A integração entre sustentabilidade e paisagem contribui para o desenvolvimento de modelos territoriais mais equilibrados, nos quais os processos naturais são considerados elementos estruturadores do planejamento. Essa perspectiva aproxima-se de conceitos como infraestrutura ecológica e desenho regenerativo, que defendem a

reorganização dos sistemas humanos a partir dos limites e potencialidades ambientais locais.

No contexto desta pesquisa, a sustentabilidade é entendida como fundamento essencial para a construção de propostas de Arquitetura Paisagista voltadas à regeneração do Cerrado em Jaboticatubas, conciliando preservação ambiental, produção rural e recuperação ecológica.

2.3 Permacultura: origem, princípios e ética

A Permacultura surgiu no início da década de 1970, desenvolvida pelos australianos Bill Mollison e David Holmgren, como uma resposta às consequências ambientais provocadas pelos modelos agrícolas industriais e pelos padrões insustentáveis de ocupação do território. O termo deriva da expressão “permanent agriculture”, posteriormente ampliada para “permanent culture”, refletindo uma abordagem integrada entre sistemas ecológicos, produção de alimentos, organização social e formas de habitar.

Segundo Mollison (1988), a Permacultura consiste no planejamento consciente de ambientes humanos sustentáveis, inspirados no funcionamento dos ecossistemas naturais. Seu objetivo é criar sistemas produtivos capazes de atender às necessidades humanas ao mesmo tempo em que conservam recursos naturais, aumentam a biodiversidade e fortalecem os ciclos ecológicos.

A Permacultura fundamenta-se em três éticas centrais: o cuidado com a Terra, o cuidado com as pessoas e a partilha justa. O cuidado com a Terra refere-se à preservação dos ecossistemas, do solo, da água e da biodiversidade. O cuidado com as pessoas envolve a garantia das necessidades humanas fundamentais, como alimentação, abrigo, saúde e bem-estar. Já a partilha justa busca limitar o consumo excessivo e redistribuir excedentes de maneira equilibrada e solidária.

Além das éticas, a Permacultura organiza-se por meio de princípios de design que orientam o planejamento e manejo dos sistemas. Holmgren (2002) sistematizou doze princípios fundamentais, entre eles: observar e interagir; captar e armazenar energia; obter rendimento; utilizar e valorizar recursos renováveis; evitar desperdícios; integrar em vez de segregar; usar soluções pequenas e lentas; valorizar a diversidade; utilizar as bordas e responder criativamente às mudanças.

Esses princípios procuram reproduzir os padrões de funcionamento dos ecossistemas naturais, promovendo relações de cooperação entre os elementos da paisagem. Na prática, a Permacultura integra estratégias como captação de água da chuva, Sistemas

Agroflorestais, compostagem, manejo ecológico do solo, produção diversificada de alimentos, energias renováveis e bioconstrução.

No contexto rural, a Permacultura apresenta potencial significativo para a recuperação de áreas degradadas e fortalecimento da resiliência socioambiental. Sua aplicação em regiões semiáridas e savânicas, como o Cerrado, permite desenvolver soluções adaptadas às condições climáticas locais, reduzindo a dependência de insumos externos e promovendo o uso eficiente dos recursos naturais.

Além disso, a Permacultura dialoga diretamente com práticas tradicionais de manejo da terra e conhecimentos vernaculares, valorizando formas locais de produção e ocupação do território. Dessa maneira, configura-se não apenas como um método técnico, mas também como uma abordagem ética, ecológica e cultural voltada à construção de paisagens regenerativas.

2.4 Zoneamento Permacultural

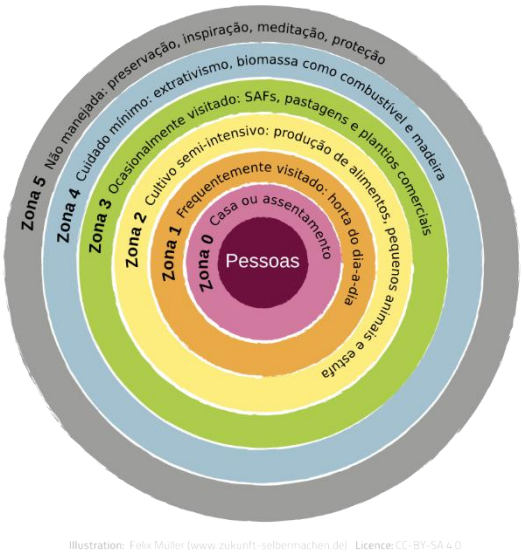


Figura 1 - Diagrama de Zoneamento Permacultural

O zoneamento permacultural constitui uma das principais ferramentas de planejamento espacial da Permacultura. Desenvolvido por Mollison e Holmgren, esse sistema organiza o território em zonas de uso definidas a partir da frequência de utilização, da necessidade de manejo e da relação entre os elementos implantados como pode ser visto no diagrama ao lado.

O objetivo do zoneamento é otimizar energia, tempo e recursos, posicionando os elementos da paisagem de acordo com sua necessidade de manutenção e interação com os usuários. Dessa forma, atividades que exigem maior frequência de cuidado permanecem próximas da área central, enquanto áreas de menor intervenção localizam-se progressivamente mais distantes.

O zoneamento permacultural permite organizar a paisagem de forma funcional e ecológica, favorecendo a integração entre os elementos naturais e produtivos. Em áreas rurais do Cerrado, sua aplicação possibilita estruturar sistemas resilientes capazes de

conciliar produção agrícola, manejo hídrico, recuperação ambiental e conservação da vegetação nativa.

2.5 Agroecologia e sistemas produtivos sustentáveis

A agroecologia pode ser compreendida como uma abordagem científica, prática e social voltada ao desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis baseados nos princípios ecológicos. Diferentemente do modelo agrícola convencional, centrado na monocultura e no uso intensivo de insumos químicos, a agroecologia propõe sistemas produtivos diversificados, resilientes e integrados ao funcionamento dos ecossistemas naturais.

Segundo Altieri (2004), a agroecologia busca aplicar conceitos ecológicos ao desenho e manejo dos agroecossistemas, promovendo equilíbrio biológico, conservação dos recursos naturais e autonomia produtiva. Essa abordagem valoriza a biodiversidade, a ciclagem de nutrientes, o manejo ecológico do solo e o conhecimento tradicional das comunidades rurais.

Os sistemas produtivos sustentáveis fundamentados na agroecologia apresentam importantes vantagens ambientais e sociais. Entre elas destacam-se a redução da erosão do solo, o aumento da fertilidade natural, a conservação da água, a diminuição da dependência de fertilizantes e pesticidas sintéticos e o fortalecimento da segurança alimentar.

No Cerrado brasileiro, a adoção de práticas agroecológicas torna-se especialmente relevante diante dos impactos causados pela expansão da agricultura intensiva e da pecuária extensiva. A degradação do solo, a perda de vegetação nativa e a redução da disponibilidade hídrica comprometem o equilíbrio ecológico do bioma e reforçam a necessidade de modelos produtivos mais sustentáveis.

Entre os sistemas produtivos associados à agroecologia destacam-se os Sistemas Agroflorestais (SAFs), que integram espécies arbóreas, culturas agrícolas e, em alguns casos, criação animal. Os SAFs reproduzem parte da estrutura e dinâmica das florestas naturais, promovendo maior biodiversidade, proteção do solo, retenção de umidade e ciclagem de nutrientes.

Outra característica importante da agroecologia é a valorização da diversidade produtiva, que reduz riscos econômicos e ecológicos associados às monoculturas. A combinação de diferentes espécies vegetais e animais favorece relações de cooperação ecológica, melhora a resistência a pragas e doenças e amplia a resiliência climática dos sistemas agrícolas.

Além dos aspectos ambientais, a agroecologia também possui dimensão sociocultural relevante, uma vez que fortalece práticas comunitárias, autonomia local e valorização dos saberes tradicionais. Dessa maneira, configura-se como alternativa estratégica para o desenvolvimento rural sustentável e para a regeneração de paisagens degradadas.

2.6 Infraestruturas ecológicas e regeneração da paisagem

O conceito de infraestrutura ecológica refere-se ao conjunto de elementos naturais e sistemas ambientais capazes de desempenhar funções essenciais para o equilíbrio ecológico e a qualidade ambiental das paisagens. Diferentemente das infraestruturas convencionais, centradas exclusivamente em soluções técnicas e artificiais, as infraestruturas ecológicas utilizam os próprios processos naturais como suporte para o planejamento e funcionamento do território.

Entre os principais componentes das infraestruturas ecológicas destacam-se áreas de vegetação nativa, corredores ecológicos, matas ciliares, sistemas de drenagem natural, zonas úmidas, áreas de infiltração, Sistemas Agroflorestais e dispositivos de retenção hídrica. Esses elementos contribuem para a conservação da biodiversidade, proteção dos recursos hídricos, controle da erosão, regulação microclimática e manutenção dos ciclos ecológicos.

No contexto das mudanças climáticas e da degradação ambiental, as infraestruturas ecológicas assumem papel estratégico na construção de paisagens resilientes e regenerativas. A regeneração da paisagem consiste na recuperação das funções ecológicas degradadas, promovendo a recomposição da vegetação, o restabelecimento da fertilidade do solo, a melhoria da infiltração de água e o fortalecimento das relações entre os sistemas naturais e humanos.

Diversas técnicas podem ser incorporadas aos processos de regeneração da paisagem, especialmente em regiões semiáridas e savânicas. Entre elas destacam-se os poços meia-lua, os barramentos de contenção de sedimentos, a transposição de serapilheira, a semeadura direta e os Sistemas Agroflorestais.

Os poços meia-lua, por exemplo, atuam na retenção da água da chuva e na desaceleração do escoamento superficial, favorecendo a infiltração hídrica, o acúmulo de matéria orgânica e o desenvolvimento da vegetação. Já os barramentos ecológicos auxiliam no controle da erosão e na retenção de sedimentos, contribuindo para a recuperação do solo e dos cursos d’água.

A regeneração da paisagem também depende da reconexão entre fragmentos de vegetação nativa e da recuperação de áreas degradadas, possibilitando o

restabelecimento de fluxos ecológicos e habitats para a fauna. Nesse sentido, as infraestruturas ecológicas podem funcionar como redes integradas de suporte ambiental e produtivo.

No Cerrado, bioma marcado pela forte sazonalidade climática, solos frágeis e crescente pressão antrópica, estratégias de regeneração da paisagem tornam-se fundamentais para garantir equilíbrio ecológico, segurança hídrica e sustentabilidade produtiva. A integração entre Arquitetura Paisagista, Permacultura e agroecologia permite estruturar soluções capazes de restaurar funções ambientais ao mesmo tempo em que promovem produção agrícola, geração de renda e valorização territorial.

Dessa forma, as infraestruturas ecológicas configuram-se como instrumentos essenciais para o planejamento de paisagens regenerativas, articulando conservação ambiental, resiliência climática e desenvolvimento sustentável.



Figura 2 - Foto da Fazenda Campo Dourado em Jaboticatubas tirada pelo autor.

3. O Bioma Cerrado e sua Dinâmica

3.1 Caracterização do Cerrado brasileiro

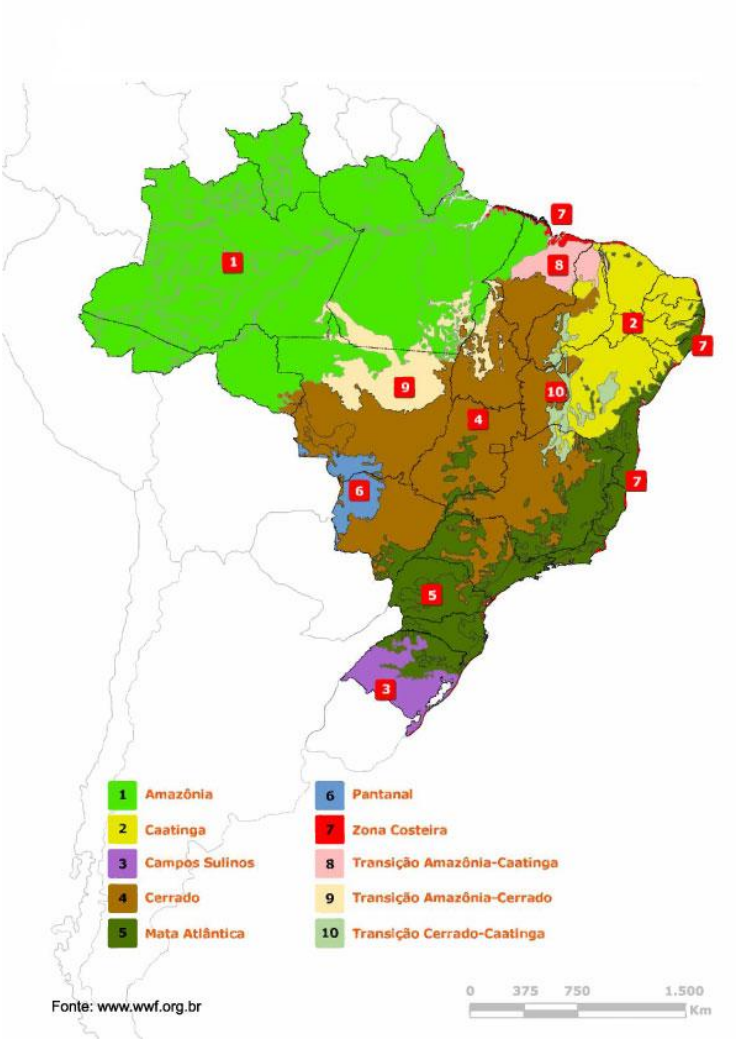


Figura 3 - Mapa dos biomas brasileiros – WWF, 2000

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul e ocupa aproximadamente 24% do território brasileiro, abrangendo principalmente a região central do país e áreas dos estados de Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia, Maranhão, Piauí, São Paulo e Distrito Federal. Considerado a savana mais biodiversa do planeta, o bioma apresenta elevada diversidade de espécies vegetais e animais, além de desempenhar funções ecológicas fundamentais para o equilíbrio hídrico e climático do Brasil.

Sua paisagem é marcada pela coexistência de diferentes formações vegetais, variando entre campos abertos, savanas arborizadas e formações florestais. Essa heterogeneidade resulta da interação entre clima sazonal, características edáficas, regime hídrico, topografia e ocorrência periódica de fogo natural ou antrópico.

Do ponto de vista ecológico, o Cerrado exerce papel estratégico na manutenção das grandes bacias hidrográficas brasileiras, sendo frequentemente denominado “berço das águas”. O bioma abriga nascentes que alimentam importantes sistemas hidrográficos, como as bacias dos rios São Francisco, Tocantins-Araguaia, Paraná-Paraguai e parte da bacia Amazônica.

Historicamente, o Cerrado foi considerado um ambiente improdutivo devido à acidez natural de seus solos e à vegetação aparentemente esparsa. Entretanto, a partir da segunda metade do século XX, avanços tecnológicos relacionados à correção química do solo e mecanização agrícola permitiram sua ocupação intensiva pelo agronegócio, especialmente pela monocultura de soja, milho, algodão e pela pecuária extensiva. Esse processo transformou o Cerrado em uma das principais fronteiras agrícolas do mundo, mas também provocou profundas alterações ambientais.

Atualmente, estima-se que mais da metade da vegetação nativa do Cerrado já tenha sido suprimida ou significativamente modificada. A expansão agrícola, associada à mineração, urbanização, queimadas e fragmentação da paisagem, contribui para a perda de biodiversidade, redução da disponibilidade hídrica e degradação dos solos.

Nesse contexto, o Cerrado assume grande relevância para pesquisas voltadas à regeneração ambiental, agroecologia, Permacultura e Arquitetura Paisagista regenerativa. Sua diversidade ecológica e capacidade de adaptação a condições climáticas sazonais oferecem potencial para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de manejo da paisagem.

3.2 Clima, solo e hidrologia

O clima predominante no Cerrado é o tropical sazonal, caracterizado pela existência de duas estações bem definidas: uma estação chuvosa durante o verão e uma estação seca no inverno. As precipitações anuais variam, em média, entre 1.000 e 1.800 mm, enquanto as temperaturas médias anuais situam-se entre 20°C e 27°C.

A sazonalidade climática influencia diretamente a dinâmica ecológica do bioma, condicionando os ciclos vegetativos, a disponibilidade hídrica e os processos de regeneração natural. Durante a estação seca, muitas espécies apresentam adaptações fisiológicas que permitem a redução da perda de água, como folhas coriáceas, troncos espessos e sistemas radiculares profundos.

Os solos do Cerrado são, em sua maioria, profundos, bem drenados e altamente intemperizados, apresentando elevada acidez natural e baixa fertilidade química. Predominam latossolos e neossolos com baixos teores de fósforo, cálcio e matéria

orgânica. Apesar dessas limitações, as espécies nativas desenvolveram adaptações específicas que lhes permitem sobreviver em condições de escassez nutricional.

A estrutura radicular profunda da vegetação do Cerrado possui grande importância ecológica, permitindo o acesso à água subterrânea durante os períodos de estiagem. Esse mecanismo favorece a infiltração hídrica e a recarga dos aquíferos, desempenhando papel essencial na manutenção das nascentes e cursos d'água.

Do ponto de vista hidrológico, o Cerrado constitui uma das regiões mais estratégicas do Brasil. O bioma abriga importantes áreas de recarga hídrica e nascentes que abastecem diversas bacias hidrográficas nacionais. A vegetação nativa atua como reguladora do ciclo hidrológico, reduzindo o escoamento superficial, favorecendo a infiltração da água no solo e minimizando processos erosivos.

Entretanto, a substituição da vegetação nativa por monoculturas mecanizadas e pastagens degradadas compromete significativamente esses processos naturais. A compactação do solo, a remoção da cobertura vegetal e a erosão contribuem para o assoreamento dos cursos d'água, redução da infiltração e diminuição da disponibilidade hídrica.

Nesse cenário, práticas regenerativas como Sistemas Agroflorestais, barramentos, poços meia-lua e técnicas de conservação do solo tornam-se alternativas relevantes para restaurar a funcionalidade ecológica das paisagens do Cerrado.

3.3 Biodiversidade e fitofisionomias

O Cerrado é reconhecido internacionalmente como um hotspot mundial de biodiversidade, apresentando elevado número de espécies endêmicas e grande riqueza ecológica. Estima-se que o bioma abriga mais de 12 mil espécies vegetais, além de centenas de espécies de mamíferos, aves, répteis, anfíbios e insetos.

A biodiversidade do Cerrado está associada à diversidade de suas fitofisionomias, que representam diferentes formas de organização da vegetação conforme as condições ambientais locais. Essas formações podem ser agrupadas em três grandes categorias: formações campestres, savânicas e florestais.

As formações campestres incluem campos limpos, campos sujos e campos rupestres, caracterizados pela predominância de gramíneas e vegetação herbácea. Os campos rupestres ocorrem geralmente em áreas de altitude elevada e solos rasos associados a afloramentos rochosos.

As formações savânicas representam a paisagem mais característica do Cerrado, com árvores baixas, tortuosas e espaçadas sobre um estrato graminoso contínuo. Nessa categoria destacam-se o cerrado típico, o cerrado ralo, o cerrado denso e o parque de cerrado.

Já as formações florestais incluem cerradões, matas secas, matas de galeria e matas ciliares. Essas áreas apresentam maior densidade arbórea e geralmente estão associadas à maior disponibilidade hídrica.

A fauna do Cerrado também apresenta elevada diversidade e possui importante papel ecológico nos processos de polinização, dispersão de sementes e equilíbrio dos ecossistemas. Espécies como lobo-guará, tamanduá-bandeira, tatu-canastra, seriema e diversas aves e insetos polinizadores são representativas do bioma.

Além da biodiversidade biológica, o Cerrado possui grande relevância sociocultural. Comunidades tradicionais, povos indígenas, quilombolas e agricultores familiares desenvolveram historicamente formas de ocupação adaptadas às características ambientais locais, utilizando conhecimentos tradicionais sobre manejo do solo, água e vegetação.

A conservação dessa biodiversidade depende da manutenção dos corredores ecológicos, proteção das nascentes, redução da fragmentação da paisagem e implementação de práticas produtivas sustentáveis que conciliem conservação ambiental e desenvolvimento socioeconômico.

3.4 Processos de degradação ambiental

Os processos de degradação ambiental no Cerrado intensificaram-se nas últimas décadas em decorrência da expansão das atividades agropecuárias, mineração, urbanização e exploração inadequada dos recursos naturais. A conversão da vegetação nativa em áreas agrícolas mecanizadas promove alterações profundas na dinâmica ecológica do bioma.

Entre os principais impactos ambientais estão o desmatamento, a fragmentação dos habitats, a perda de biodiversidade, a compactação dos solos, o assoreamento de rios e nascentes, a redução da infiltração hídrica e o aumento da erosão.

O avanço da monocultura e da pecuária extensiva promove frequentemente a remoção integral da cobertura vegetal nativa. Esse processo reduz a proteção natural do solo contra o impacto das chuvas, aumentando o escoamento superficial e favorecendo processos erosivos.

As queimadas também representam um fator crítico de degradação ambiental. Embora o fogo faça parte da dinâmica ecológica natural do Cerrado, sua ocorrência excessiva e descontrolada altera os ciclos ecológicos, compromete a regeneração natural da vegetação e contribui para a emissão de gases de efeito estufa.

Outro problema recorrente é a degradação dos recursos hídricos. A supressão das matas ciliares e a compactação dos solos diminuem a capacidade de infiltração da água, afetando diretamente a recarga dos aquíferos e a manutenção das nascentes.

Além dos impactos ambientais, os processos de degradação também geram consequências sociais e econômicas, especialmente para comunidades rurais e populações tradicionais que dependem diretamente dos recursos naturais para sua subsistência.

No município de Jaboticatubas, inserido na Serra do Espinhaço e em áreas de transição ecológica do Cerrado, esses processos manifestam-se por meio da pressão imobiliária, fragmentação da vegetação, uso inadequado do solo e degradação de áreas rurais.

A recuperação dessas áreas exige abordagens integradas que considerem simultaneamente os aspectos ecológicos, produtivos e sociais da paisagem.

3.5 Potencial para estratégias regenerativas

Apesar dos processos de degradação observados nas últimas décadas, o Cerrado apresenta elevado potencial para implementação de estratégias regenerativas voltadas à recuperação ambiental, produção sustentável e fortalecimento da resiliência ecológica.

A Arquitetura Paisagista regenerativa, associada aos princípios da Permacultura, oferece instrumentos capazes de integrar conservação ambiental, manejo hídrico, recuperação do solo e produção agrícola sustentável.

Entre as estratégias mais relevantes destacam-se os Sistemas Agroflorestais, técnicas de captação e infiltração de água, reflorestamento com espécies nativas, recuperação de matas ciliares, uso de cobertura orgânica do solo e manejo ecológico da paisagem.

Os Sistemas Agroflorestais apresentam grande potencial no Cerrado por combinarem espécies arbóreas, culturas agrícolas e, em alguns casos, criação animal em um mesmo sistema produtivo. Essa integração favorece a ciclagem de nutrientes, aumenta a matéria orgânica do solo, reduz processos erosivos e melhora a retenção hídrica.

Técnicas de manejo hídrico como poços meia-lua, barramentos de retenção e valas de infiltração contribuem para desacelerar o escoamento superficial e favorecer a recarga hídrica. Essas soluções tornam-se especialmente relevantes em áreas degradadas ou sujeitas à escassez sazonal de água.

A utilização de espécies nativas adaptadas às condições edafoclimáticas do Cerrado constitui outro aspecto fundamental das estratégias regenerativas. Essas espécies apresentam maior resistência às variações climáticas locais e contribuem para restaurar processos ecológicos naturais.

A integração entre sistemas produtivos e geração de energia renovável, como os Sistemas Agrovoltaicos, também representa uma alternativa promissora para áreas rurais do Cerrado. Esses sistemas possibilitam o uso simultâneo da terra para agricultura e produção de energia solar, promovendo maior eficiência territorial.

No contexto de Jaboticatubas, a presença de extensas áreas rurais, diversidade de paisagens naturais, disponibilidade solar e relevância hídrica regional cria condições favoráveis para implantação de modelos regenerativos integrados.

Assim, a adoção de estratégias regenerativas no Cerrado não se limita à recuperação ambiental, mas constitui uma oportunidade para construção de modelos territoriais mais resilientes, produtivos e compatíveis com os desafios das mudanças climáticas contemporâneas.

4.1 Localização e contexto regional

O município de Jaboticatubas está localizado no vetor norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), no estado de Minas Gerais, a aproximadamente 62 km da capital Belo Horizonte. Seu acesso principal ocorre pelas rodovias MG-010 e MG-020, importantes eixos de conexão regional que articulam o município com os centros urbanos metropolitanos e com a Serra do Cipó.

Com área territorial aproximada de 1.114 km², Jaboticatubas constitui o maior município em extensão territorial da RMBH. O território municipal insere-se em uma região estratégica sob o ponto de vista ambiental, integrando áreas da Serra do Espinhaço e abrigando cerca de 65% da área do Parque Nacional da Serra do Cipó.

A localização do município em uma zona de transição ecológica entre Cerrado, campos rupestres e formações florestais confere elevada relevância ambiental e paisagística à região. Além disso, Jaboticatubas está inserido em importantes corredores ecológicos

e áreas de recarga hídrica, desempenhando papel estratégico na conservação dos recursos naturais regionais.

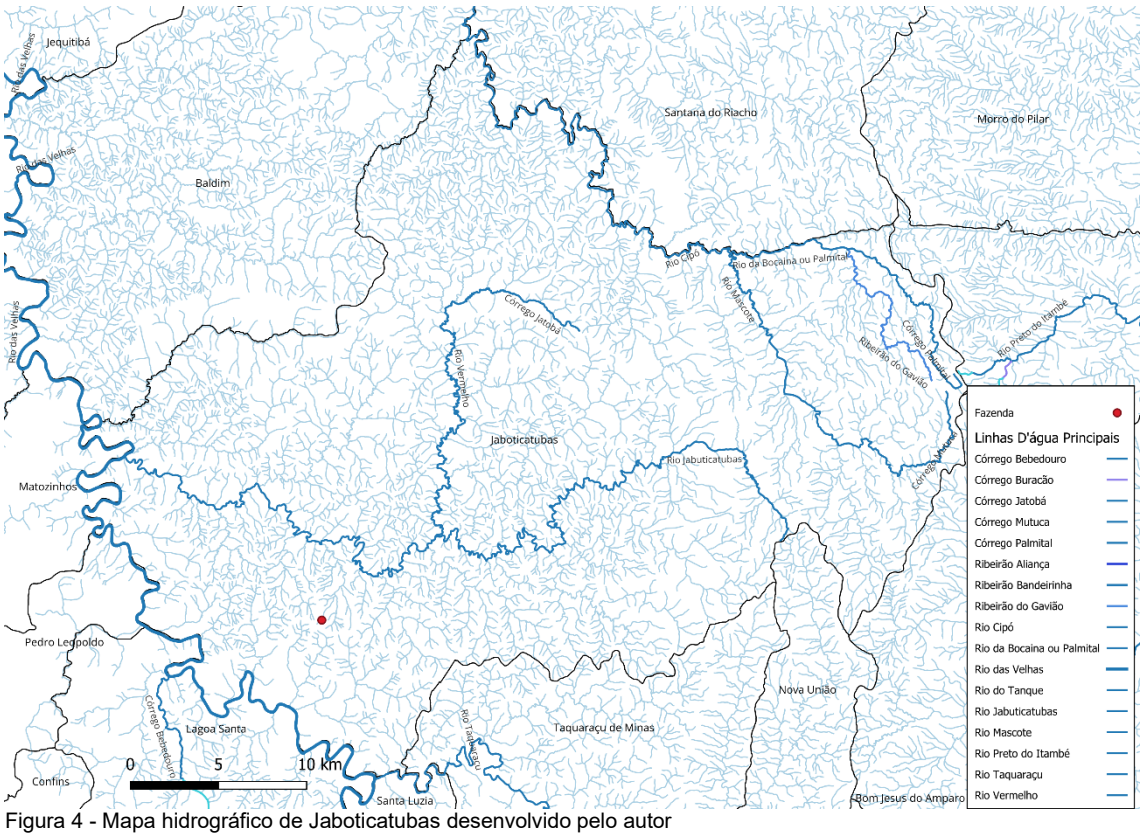


Figura 4 - Mapa hidrográfico de Jaboticatubas desenvolvido pelo autor

Do ponto de vista hidrográfico, o município integra a bacia do Rio São Francisco, situando-se especificamente na sub-bacia do Rio das Velhas. O território municipal é drenado por importantes cursos d'água, como o Rio Jaboticatubas, Rio Cipó, Rio das Velhas e diversos córregos e nascentes associados às áreas serranas.

O município também apresenta forte potencial turístico associado às paisagens naturais, cachoeiras, trilhas ecológicas e atividades de ecoturismo vinculadas à Serra do Cipó. Nas últimas décadas, a região passou por transformações relacionadas à expansão imobiliária, crescimento de atividades rurais e aumento da pressão antrópica sobre áreas naturais.

Nesse contexto, Jaboticatubas apresenta características relevantes para estudos voltados à Arquitetura Paisagista Regenerativa, manejo sustentável da paisagem e implementação de estratégias de recuperação ambiental em áreas do Cerrado.

4.2 Caracterização física e ambiental

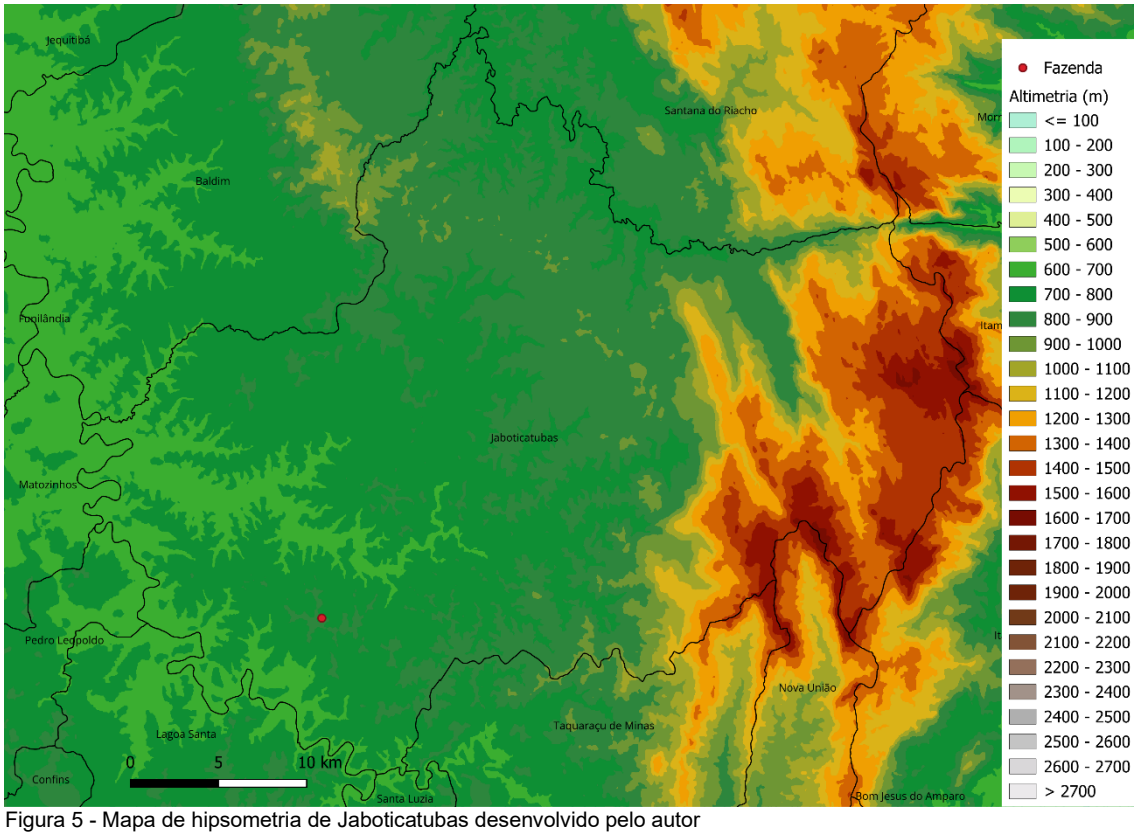


Figura 5 - Mapa de hipsometria de Jaboticatubas desenvolvido pelo autor

O território de Jaboticatubas apresenta grande diversidade geomorfológica, com relevo composto por planícies, colinas suaves, áreas de encosta e regiões montanhosas associadas à Serra do Espinhaço. As altitudes variam aproximadamente entre 630 m e 1.680 m, influenciando diretamente o clima, a vegetação e a dinâmica hídrica local.

O clima predominante é tropical sazonal, típico do Cerrado, caracterizado por verão chuvoso e inverno seco. As temperaturas médias anuais variam entre 20°C e 24°C, enquanto os índices pluviométricos concentram-se principalmente entre os meses de outubro e março.

Os solos predominantes apresentam características típicas do Cerrado, sendo geralmente profundos, ácidos e de baixa fertilidade natural. Em áreas serranas e campos rupestres predominam solos rasos e pedregosos, enquanto áreas de fundo de vale apresentam maior acúmulo de matéria orgânica e umidade.

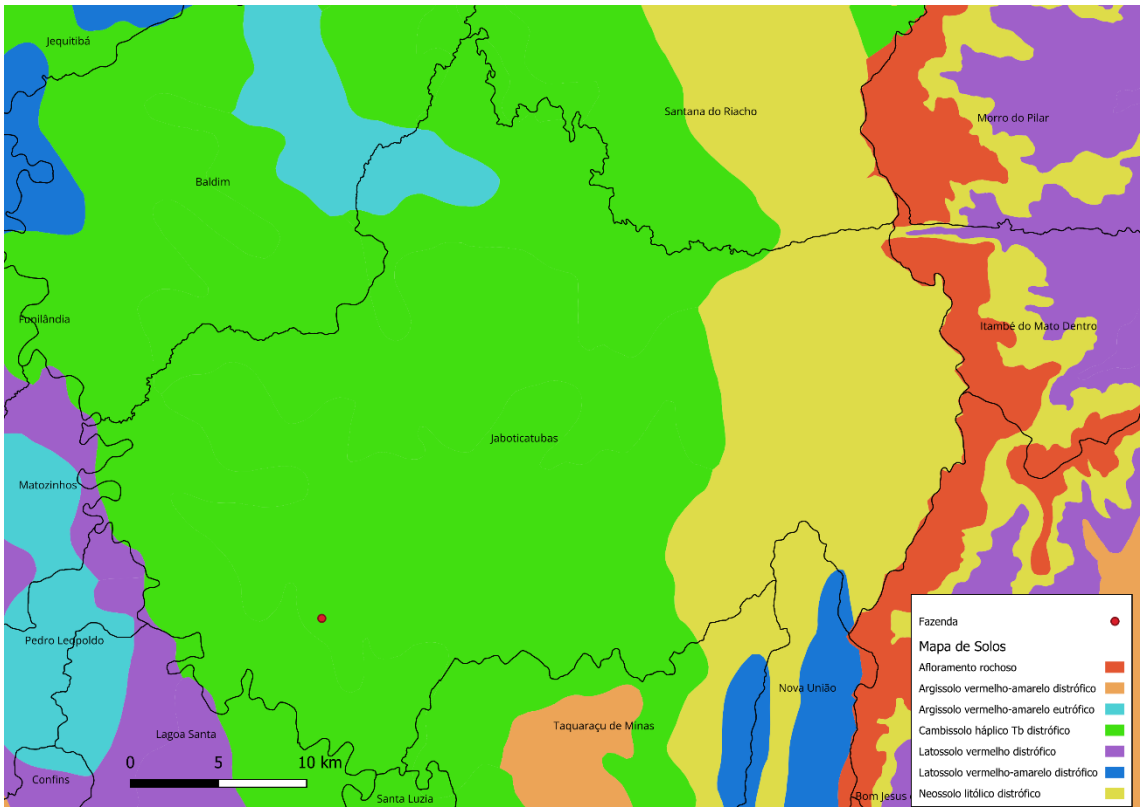


Figura 6 - Mapa de solos de Jaboticatubas desenvolvido pelo autor

Do ponto de vista fitogeográfico, o município apresenta elevada diversidade ambiental, com ocorrência de diferentes formações vegetais, entre elas Cerrado típico, campos limpos, campos rupestres e fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.

Os campos rupestres destacam-se pela presença de vegetação adaptada a solos quartzíticos e condições ambientais extremas, constituindo ecossistemas de elevada biodiversidade e endemismo. Já as áreas de Cerrado apresentam vegetação arbórea esparsa, gramíneas e espécies adaptadas ao déficit hídrico sazonal e ao fogo.

A área de estudo está inserida em um Cambissolo Háplico Tb distrófico, um tipo de solo relativamente jovem e pouco desenvolvido. Trata-se de um solo que ainda não passou por processos de formação suficientemente longos para adquirir características mais estáveis e profundas. Além disso, apresenta baixa fertilidade natural, pois possui pequena quantidade de nutrientes essenciais para as plantas e menor capacidade de retê-los. Essas características fazem com que o solo seja mais sensível à degradação, especialmente quando a vegetação nativa é removida ou quando ocorre uso inadequado da terra, podendo favorecer processos erosivos e comprometer a infiltração e a conservação da água no ambiente.

A hidrografia municipal possui grande relevância regional, uma vez que o território abriga nascentes e áreas de recarga hídrica fundamentais para o abastecimento de

importantes bacias hidrográficas. A vegetação nativa desempenha papel essencial na infiltração da água no solo e na proteção contra processos erosivos.

Entretanto, alterações no uso da terra, supressão vegetal e ocupação inadequada de áreas ambientalmente sensíveis têm contribuído para impactos sobre os recursos naturais locais, especialmente relacionados à erosão, assoreamento e degradação hídrica.

4.3 Uso e ocupação do solo

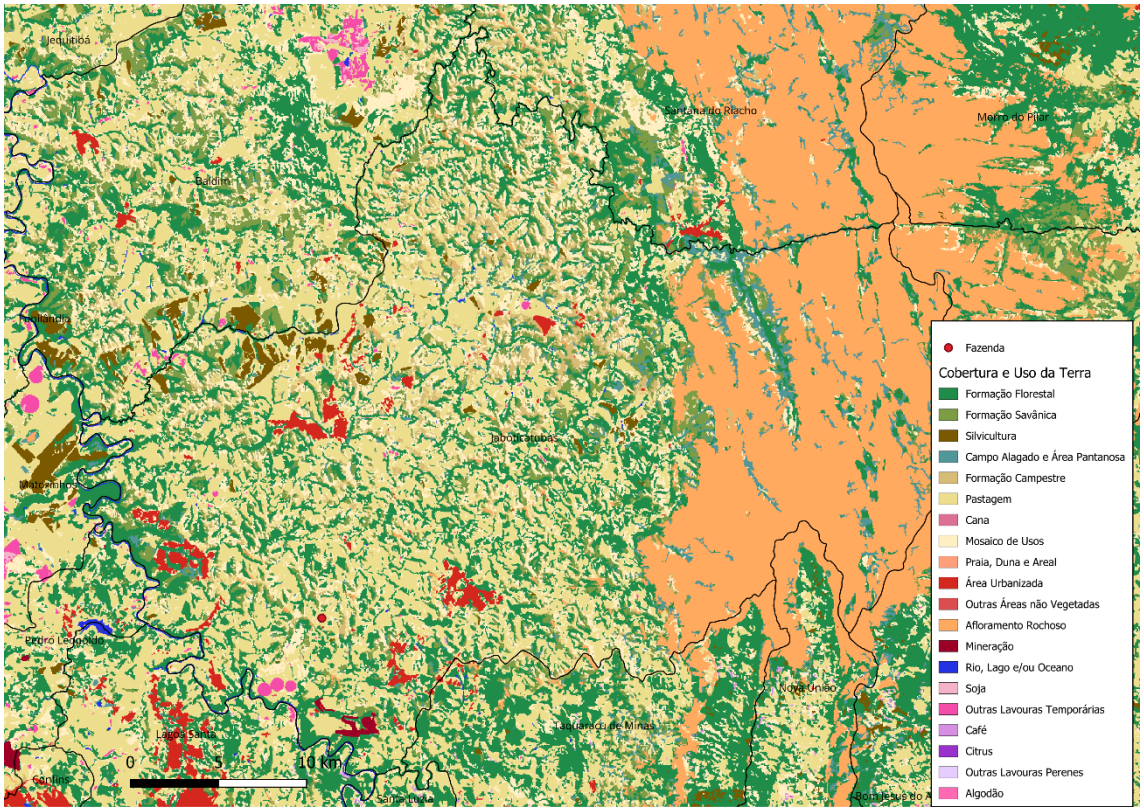


Figura 7 - Mapa de Cobertura e Uso do Solo de Jaboticatubas desenvolvido pelo autor

Historicamente, o uso e ocupação do solo em Jaboticatubas estiveram associados às atividades agropecuárias extensivas, exploração de recursos naturais e ocupações rurais dispersas. Nas últimas décadas, entretanto, o município passou por transformações significativas relacionadas ao avanço do turismo, expansão imobiliária e valorização ambiental da região da Serra do Cipó.

Atualmente, o território apresenta ocupação predominantemente rural, coexistindo áreas de preservação ambiental, propriedades agrícolas, pastagens, loteamentos rurais e empreendimentos turísticos.

A pecuária extensiva representa uma das principais formas de uso da terra, frequentemente associada à substituição da vegetação nativa por pastagens cultivadas.

Em determinadas áreas, práticas inadequadas de manejo têm contribuído para compactação do solo, erosão e redução da cobertura vegetal.

Também se observam áreas destinadas à agricultura de pequena escala, horticultura, silvicultura e sistemas produtivos familiares. Em menor proporção, ocorrem plantios de eucalipto voltados à produção de carvão vegetal e madeira.

Sistemas da valorização paisagística da região. Esse processo gera pressões sobre os ecossistemas locais, especialmente em áreas de nascentes, encostas e fragmentos de vegetação nativa.

Apesar dessas transformações, o município ainda preserva extensas áreas naturais relativamente conservadas, especialmente em regiões inseridas em unidades de conservação e áreas de relevo mais acidentado.

Do ponto de vista ambiental, observa-se uma paisagem fragmentada, na qual áreas preservadas coexistem com zonas antropizadas e áreas degradadas. Essa condição evidencia a necessidade de estratégias integradas de planejamento territorial e recuperação ecológica.

4.4 Dinâmicas rurais e produtivas

As dinâmicas rurais de Jaboticatubas estão associadas à coexistência de práticas tradicionais de ocupação rural, atividades agropecuárias convencionais e iniciativas emergentes ligadas ao turismo ecológico, agroecologia e conservação ambiental.

A economia rural local baseia-se principalmente na pecuária, agricultura familiar, horticultura, turismo rural e pequenas produções agrícolas diversificadas. Em algumas áreas observa-se também a presença de chácaras de recreio e empreendimentos voltados ao ecoturismo.

As características ambientais do município favorecem atividades relacionadas ao turismo de natureza, incluindo hospedagem rural, trilhas ecológicas, esportes de aventura e visitação às cachoeiras e paisagens naturais da Serra do Cipó.

Entretanto, muitos sistemas produtivos ainda apresentam baixa sustentabilidade ambiental, especialmente em áreas onde predominam monoculturas, manejo inadequado do solo e uso intensivo de pastagens degradadas.

A sazonalidade climática do Cerrado influencia diretamente as atividades rurais, especialmente devido à alternância entre períodos chuvosos e estiagens prolongadas.

Em determinadas áreas, a escassez hídrica sazonal limita a produtividade agrícola e aumenta a vulnerabilidade ambiental.

Nesse contexto, práticas regenerativas como Sistemas Agroflorestais e manejo ecológico do solo apresentam grande potencial para o fortalecimento da resiliência produtiva local.

Além disso, a crescente valorização de modelos sustentáveis de ocupação rural abre possibilidades para implementação de projetos vinculados à Permacultura, produção agroecológica e Arquitetura Paisagista Regenerativa.

4.5 Diagnóstico da área de intervenção



Figura 8 - Foto aérea da área de estudo de 2023

A Fazenda Campo Dourado, área de intervenção estudada, escolhida pois a conheço há muitos anos, acompanho seu desenvolvimento de perto e ela reúne as condições que eu gostaria de estudar no mestrado. A fazenda apresenta características típicas do Cerrado em processo de transformação antrópica, combinando fragmentos de vegetação nativa, áreas abertas, pastagens e setores sujeitos à degradação ambiental.

O diagnóstico ambiental identificou processos relacionados à compactação do solo, erosão superficial, redução da cobertura vegetal e alterações na dinâmica hídrica local. Em determinados pontos observam-se sinais de degradação associados ao uso inadequado do solo, circulação de animais e ausência de práticas conservacionistas.

A presença de declividades variadas influencia diretamente os processos de infiltração e escoamento superficial da água. Áreas com maior inclinação apresentam maior

suscetibilidade à erosão, enquanto regiões de menor declividade possuem potencial para retenção hídrica e implantação de estratégias regenerativas.

Do ponto de vista ecológico, a área ainda apresenta potencial significativo de regeneração natural devido à presença de fragmentos vegetais remanescentes, banco de sementes e conectividade parcial com áreas preservadas do entorno.

A disponibilidade de insolação, a presença de áreas abertas e a localização estratégica do terreno também favorecem a implementação de Sistemas Agrovoltaicos integrados à recuperação paisagística e produtiva.

Entre as principais potencialidades identificadas destacam-se:

- Presença de vegetação nativa remanescente;
- Potencial de infiltração e retenção hídrica;
- Disponibilidade de áreas para recuperação ecológica;
- Condições favoráveis à implantação de Sistemas Agroflorestais;
- Elevada incidência solar para produção de energia;
- Inserção em contexto ambiental estratégico da Serra do Espinhaço.

Por outro lado, os principais desafios observados incluem:

- Processos erosivos e compactação do solo;
- Fragmentação da paisagem;
- Vulnerabilidade hídrica sazonal;
- Pressão antrópica crescente;
- Necessidade de recuperação da fertilidade do solo.

Diante desse cenário, a adoção de princípios da Permacultura e da Arquitetura Paisagista Regenerativa mostra-se adequada para orientar estratégias integradas de recuperação ambiental, manejo hídrico, fortalecimento ecológico e produção sustentável da paisagem rural em Jaboticatubas.

5. Arquitetura Paisagista e Permacultura

5.1 Integração entre Permacultura e projeto paisagístico

A Permacultura pode ser compreendida como um sistema de planejamento ambiental fundamentado na observação dos ecossistemas naturais e na integração equilibrada entre seres humanos, paisagem e recursos naturais. Desenvolvida por Bill Mollison e David Holmgren na década de 1970, a Permacultura propõe princípios de organização espacial e manejo ecológico capazes de promover sistemas produtivos resilientes, sustentáveis e regenerativos.

No contexto da Arquitetura Paisagista, a Permacultura amplia o entendimento tradicional do projeto paisagístico ao incorporar dimensões ecológicas, produtivas, sociais e energéticas em uma abordagem integrada da paisagem. Dessa forma, o espaço deixa de ser concebido apenas sob critérios estéticos e passa a ser estruturado como um sistema vivo, capaz de regenerar recursos naturais, produzir alimentos, conservar água e fortalecer relações ecológicas.

A integração entre Permacultura e Arquitetura Paisagista ocorre principalmente por meio da análise sistêmica do território, considerando fatores como topografia, insolação, hidrologia, vegetação, ventos predominantes, circulação humana e dinâmica ecológica local. Essa abordagem busca reduzir desperdícios energéticos, potencializar os recursos disponíveis e criar relações funcionais entre os diferentes elementos da paisagem.

Entre os princípios da Permacultura mais aplicáveis ao projeto paisagístico destacam-se:

- observar e interagir com o ambiente;
- captar e armazenar energia;
- produzir sem gerar desperdícios;
- integrar em vez de segregar;
- utilizar soluções lentas e de pequena escala;
- valorizar a diversidade biológica;
- utilizar bordas e zonas de transição;
- responder criativamente às mudanças ambientais.

Na Arquitetura Paisagista Regenerativa, esses princípios permitem o desenvolvimento de projetos voltados não apenas à mitigação de impactos ambientais, mas também à recuperação ativa dos ecossistemas degradados. Assim, a paisagem passa a desempenhar funções ecológicas fundamentais, como infiltração hídrica, conservação do solo, aumento da biodiversidade e produção sustentável.

No contexto do Cerrado e especificamente em áreas rurais de Jaboticatubas, a integração entre Permacultura e Arquitetura Paisagista revela grande potencial devido à presença de extensas áreas naturais, disponibilidade solar, relevância hídrica e necessidade de recuperação ambiental em áreas degradadas.

5.2 Estratégias de zoneamento no projeto

A organização espacial da proposta foi estruturada a partir dos princípios do zoneamento permacultural, adaptados às características ambientais, produtivas e ecológicas da área de estudo em Jaboticatubas. A definição das zonas considerou fatores como relevo, disponibilidade hídrica, cobertura vegetal existente, acessibilidade, intensidade de uso e potencial de regeneração ambiental.

Nas áreas mais próximas das edificações e dos espaços de permanência humana foram concentradas atividades que demandam acompanhamento frequente, incluindo hortas, viveiros de mudas e pequenas estruturas de apoio à produção. Essa organização busca otimizar deslocamentos, reduzir o consumo de energia e facilitar as atividades de manejo cotidiano.

As áreas destinadas à produção agropecuária e à recuperação produtiva da paisagem foram planejadas para receber Sistemas Agroflorestais, integrando espécies nativas do Cerrado e espécies de interesse econômico. Esses espaços desempenham simultaneamente funções econômicas e ecológicas, contribuindo para a recuperação da fertilidade do solo, ampliação da biodiversidade e fortalecimento da conectividade da paisagem.

A proposta também prevê a manutenção da pecuária bovina como principal atividade econômica da propriedade. Entretanto, a atividade é reorganizada espacialmente segundo critérios ecológicos e produtivos, priorizando a recuperação de pastagens degradadas, a proteção de áreas ambientalmente sensíveis e a integração com sistemas arbóreos. Essa abordagem busca aumentar a qualidade ambiental da paisagem sem comprometer a viabilidade econômica da Fazenda Campo Dourado.

Em setores com maior fragilidade ambiental, especialmente próximos a cursos d’água, nascentes e áreas sujeitas a processos erosivos, foram priorizadas ações de

recuperação ecológica e manejo hídrico. Nesses locais, a implantação de poços meia-lua, barramentos de retenção e revegetação com espécies nativas visa aumentar a infiltração da água, reduzir o escoamento superficial e favorecer a regeneração natural da vegetação.

As áreas mais distantes e menos acessíveis foram destinadas à conservação dos remanescentes naturais existentes, funcionando como espaços de proteção da biodiversidade e de manutenção dos processos ecológicos locais. Essas zonas desempenham papel fundamental na preservação dos habitats naturais e na formação de corredores ecológicos capazes de ampliar a conectividade entre fragmentos vegetais ainda sim mantendo áreas destinadas à pecuária bovina que já era uma atividade presente.

Dessa forma, o zoneamento adotado não se limita à distribuição funcional dos usos, mas atua como instrumento estruturador da proposta de Arquitetura Paisagista Regenerativa, integrando produção rural, conservação ambiental, manejo da água e recuperação ecológica em um sistema territorial coerente com as condições ambientais do Cerrado de Jaboticatubas.

5.3 Manejo da água



Figura 9 - Imagem dos poços meia-lua no projeto.

O manejo da água constitui um dos pilares fundamentais da Permacultura e da Arquitetura Paisagista Regenerativa, especialmente em biomas sazonais como o Cerrado. A irregularidade das chuvas e os períodos prolongados de estiagem tornam essencial a implementação de estratégias voltadas à retenção, infiltração e uso eficiente da água no território.

Na Permacultura, a água é compreendida como elemento estruturador da paisagem. Assim, o desenho do terreno deve favorecer sua desaceleração, infiltração e armazenamento, reduzindo perdas por escoamento superficial e erosão. Entre as técnicas mais relevantes para o manejo hídrico destacam-se os poços meia-lua, barramentos de retenção.

Os poços meia-lua, conhecidos popularmente na região como “barraginhas”, consistem em pequenas escavações semicirculares construídas perpendicularmente ao fluxo da água. Essas estruturas permitem captar enxurradas, reduzir a velocidade do escoamento superficial e aumentar a



Figura 10 - Exemplos de poços meia-lua utilizados em Quênia. Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Exemplos-de-pocos-meia-lua_fig1_384217517

infiltração hídrica no solo. Além disso, favorecem o acúmulo de matéria orgânica e nutrientes, criando condições adequadas para recuperação da vegetação.



Figura 11 - Evolução do processo de reflorestamento utilizando a técnica dos poços meia-lua. Fonte: https://www.greener.land/index.php/product/demi-lunes-semi-circular-bunds/.

Essa técnica apresenta grande potencial em áreas degradadas do Cerrado devido à sua simplicidade construtiva, baixo custo e eficiência em regiões sujeitas à escassez hídrica sazonal. Em projetos regenerativos, os poços meia-lua podem ser associados ao plantio de espécies nativas e Sistemas Agroflorestais.



Figura 12 - Exemplo de Barramento em formato de Arco Romano. Fonte: Governo do Estado do Ceará (2010)

Os barramentos de retenção, também conhecidos como check dams ou barramentos base zero, atuam no controle da erosão e retenção de sedimentos em cursos d'água intermitentes e talvegues. Essas estruturas desaceleram o fluxo hídrico e favorecem processos naturais de recuperação do solo.

Além disso, práticas como cobertura orgânica do solo, uso de serrapilheira e Sistemas Agroflorestais contribuem para aumentar a retenção de umidade e reduzir perdas por evaporação.

A serrapilheira é uma camada formada por folhas, galhos e outros resíduos vegetais em decomposição, rica em microrganismos, insetos e sementes. Ela desempenha um papel fundamental na recuperação de áreas degradadas, pois protege o solo da radiação solar, ajuda a manter a umidade e contribui para a reintrodução da fauna e da flora, favorecendo, ao longo do tempo, o restabelecimento do equilíbrio ecológico.



Figura 13 - Camada de Serrapilheira no solo. *https://ufmg.br/comunicacao/noticias/serrapilheira-abre-chamada-publica-de-divulgacao-cientifica. Acesso em 26/07/2024*

No contexto de Jaboticatubas, o manejo ecológico da água apresenta importância estratégica devido à relevância hídrica regional do município e à necessidade de conservação das nascentes associadas à Serra do Espinhaço.

5.4 Sistemas Agroflorestais e produção integrada

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) constituem modelos produtivos que integram árvores, cultivos agrícolas e, em alguns casos, criação animal em um mesmo sistema espacial e temporal. Fundamentados em princípios ecológicos, esses sistemas buscam reproduzir processos naturais de sucessão vegetal e ciclagem de nutrientes.

Na Permacultura e na Arquitetura Paisagista Regenerativa, os SAFs representam importante ferramenta de recuperação ambiental e produção sustentável, especialmente em áreas degradadas do Cerrado.

A principal característica dos Sistemas Agroflorestais é a diversidade funcional das espécies. Diferentes estratos vegetais ocupam nichos ecológicos complementares, promovendo maior eficiência no uso da água, luz solar e nutrientes do solo.

Entre os benefícios ambientais dos SAFs destacam-se:

- aumento da biodiversidade;
- melhoria da fertilidade do solo;
- aumento da matéria orgânica;
- proteção contra erosão;
- regulação microclimática;
- aumento da infiltração hídrica;
- redução da necessidade de insumos químicos.

Além dos benefícios ecológicos, os SAFs também favorecem a diversificação produtiva e a segurança alimentar, possibilitando produção simultânea de alimentos, biomassa, madeira, frutos e espécies medicinais.

Em áreas do Cerrado, a utilização de espécies nativas adaptadas às condições locais é fundamental para aumentar a resiliência do sistema. Espécies pioneiras de crescimento rápido podem ser utilizadas para sombreamento inicial e recuperação do solo, enquanto espécies secundárias promovem a consolidação ecológica do sistema ao longo do tempo.

O manejo agroflorestal também incorpora práticas como poda seletiva, cobertura morta, capina ecológica e sucessão planejada das espécies. Essas estratégias favorecem a ciclagem de nutrientes e reduzem a dependência de fertilizantes externos.

No contexto de Jaboticatubas, os Sistemas Agroflorestais apresentam grande potencial devido à disponibilidade de áreas rurais, diversidade ecológica e necessidade de recuperação de solos degradados por pastagens extensivas.

5.5 Sistemas Agrovoltaicos

Os Sistemas Agrovoltaicos consistem na integração entre produção agrícola e geração de energia solar em uma mesma área. Essa abordagem busca otimizar o uso da terra por meio da instalação de painéis fotovoltaicos sobre áreas cultivadas ou integradas a sistemas produtivos.

Nos últimos anos, os Sistemas Agrovoltaicos têm sido reconhecidos como alternativas promissoras para regiões sujeitas às mudanças climáticas e à pressão sobre os recursos naturais. Sua aplicação permite conciliar produção energética renovável com atividades agrícolas e estratégias de regeneração ambiental.



Figura 14 – Projeto agrovoltaico na Espanha com uma estrutura elevada (Fonte: https://powerfultree.com/)

A presença dos painéis solares pode gerar benefícios microclimáticos importantes, como redução da evaporação do solo, diminuição do estresse térmico em determinadas culturas e proteção contra eventos climáticos extremos.

Além disso, a combinação entre geração energética e produção agrícola contribui para diversificação econômica das propriedades rurais e aumento da eficiência territorial.

Em projetos de Arquitetura Paisagista Regenerativa, os Sistemas Agrovoltaicos podem ser integrados a Sistemas Agroflorestais e manejo ecológico da paisagem, formando sistemas multifuncionais.

A implantação desses sistemas exige análise cuidadosa de fatores como orientação solar, topografia, espaçamento entre estruturas, tipos de cultivo e dinâmica hídrica local.

No Cerrado, onde há elevada incidência solar durante grande parte do ano, os Sistemas Agrovoltaicos apresentam elevado potencial de aplicação. Em Jaboticatubas, a combinação entre disponibilidade solar, áreas rurais extensas e necessidade de diversificação produtiva favorece a adoção dessa tecnologia em propostas regenerativas.

Além dos benefícios ambientais e produtivos, os Sistemas Agrovoltaicos também contribuem para redução das emissões de carbono e fortalecimento da transição energética em áreas rurais.

5.6 Princípios de desenho regenerativo

O desenho regenerativo baseia-se na compreensão da paisagem como sistema dinâmico e interdependente, no qual os processos ecológicos, sociais e produtivos devem atuar de forma integrada. Diferentemente das abordagens convencionais de

sustentabilidade, o desenho regenerativo busca restaurar e fortalecer os ecossistemas, promovendo relações positivas entre atividade humana e natureza.

Na Arquitetura Paisagista, o desenho regenerativo propõe intervenções capazes de recuperar solos, restaurar ciclos hidrológicos, aumentar a biodiversidade e fortalecer a resiliência ambiental da paisagem.

Entre os principais princípios do desenho regenerativo destacam-se:

- compreensão sistêmica do território;
- valorização dos processos naturais;
- integração entre elementos ecológicos e produtivos;
- restauração da fertilidade do solo;
- fortalecimento da biodiversidade;
- uso eficiente da água e energia;
- redução de resíduos;
- adaptação às condições locais;
- planejamento de longo prazo.

Outro princípio fundamental é a observação contínua da paisagem e sua dinâmica ecológica. Na Permacultura, o processo projetual não é entendido como estrutura rígida e definitiva, mas como sistema adaptativo sujeito a transformações ao longo do tempo.

A regeneração ambiental também envolve a reconstrução das relações entre comunidades humanas e território, incentivando formas mais sustentáveis de produção, ocupação e manejo da paisagem.

No contexto do Cerrado, os princípios regenerativos apresentam grande relevância devido à vulnerabilidade ambiental do bioma e à necessidade de recuperação de áreas degradadas pela expansão agropecuária e ocupação inadequada do solo.

Assim, a Arquitetura Paisagista regenerativa aplicada a Jaboticatubas busca estruturar uma paisagem multifuncional capaz de integrar conservação ecológica, manejo hídrico, produção sustentável, geração de energia e valorização das características naturais do território.

6. Metodologia de Projeto

6.1 Etapas metodológicas

A metodologia adotada nesta pesquisa fundamenta-se em uma abordagem qualitativa e aplicada, articulando revisão teórica, análise territorial e desenvolvimento projetual em Arquitetura Paisagista Regenerativa. O processo metodológico foi estruturado em etapas complementares que permitiram compreender as características ambientais da área de estudo e elaborar estratégias integradas de intervenção.

A primeira etapa consistiu na revisão bibliográfica e documental sobre Cerrado, Permacultura, Arquitetura Paisagista Regenerativa, manejo hídrico, Sistemas Agroflorestais e Sistemas Agrovoltaicos. Essa etapa forneceu embasamento teórico para compreensão dos processos ecológicos e definição das diretrizes de projeto.

Na segunda etapa realizou-se o levantamento e diagnóstico territorial da área de estudo em Jaboticatubas, considerando aspectos físicos, ambientais, hidrológicos, paisagísticos e produtivos. Foram analisadas características relacionadas ao relevo, vegetação, uso do solo, dinâmica hídrica, processos erosivos e potencialidades ecológicas da área.

A terceira etapa envolveu a elaboração das diretrizes projetuais fundamentadas nos princípios da Permacultura e do desenho regenerativo. Nessa fase foram definidos critérios de zoneamento, estratégias de manejo hídrico, recuperação ambiental, organização espacial da paisagem e integração entre sistemas produtivos e energéticos.

Posteriormente desenvolveu-se a proposta de Arquitetura Paisagista Regenerativa, estruturada por meio da organização funcional das zonas permaculturais, implantação de Sistemas Agroflorestais, manejo ecológico da água e integração agrovoltaica.

Por fim, realizou-se a análise crítica da proposta, considerando seus benefícios ambientais, produtivos e sociais, bem como suas limitações e possibilidades de replicação em outros contextos do Cerrado.

6.2 Levantamento e análise de dados

O levantamento de dados foi realizado por meio da integração entre pesquisa bibliográfica, análise cartográfica, observação territorial e interpretação ambiental da área de estudo.

Inicialmente foram consultadas referências científicas, documentos técnicos, mapas temáticos e bases institucionais relacionadas ao bioma Cerrado, à Serra do Espinhaço e ao município de Jaboticatubas. Essas informações possibilitaram compreender a dinâmica regional e os principais processos ambientais associados ao território.

A análise territorial considerou os seguintes aspectos:

- localização geográfica;
- relevo e declividade;
- clima e sazonalidade;
- hidrografia e drenagem;
- tipos de solo;
- cobertura vegetal;
- uso e ocupação do solo;
- áreas degradadas;
- potencial hídrico e energético;
- dinâmicas produtivas locais.

Também foram identificadas áreas suscetíveis à erosão, compactação do solo e degradação hídrica, bem como fragmentos de vegetação nativa com potencial de regeneração ecológica.

A leitura da paisagem foi orientada pela metodologia permacultural de observação sistêmica, buscando compreender as relações entre elementos naturais, fluxos de energia, circulação da água e ocupação humana.

Além disso, foram consideradas condicionantes ambientais relevantes para implantação das estratégias regenerativas, incluindo:

- insolação;
- direção dos ventos;
- fluxos de escoamento superficial;
- áreas de maior permanência hídrica;
- acessibilidade;

- potencial produtivo;
- conectividade ecológica.

A integração desses dados permitiu estruturar um diagnóstico territorial voltado à definição de soluções paisagísticas adaptadas às condições ambientais locais.

6.3 Diretrizes projetuais

As diretrizes projetuais foram elaboradas a partir da integração entre princípios da Permacultura, Arquitetura Paisagista Regenerativa e características ambientais da área de estudo.

O projeto busca estruturar uma paisagem multifuncional capaz de integrar conservação ecológica, manejo hídrico, produção sustentável, geração de energia renovável e recuperação ambiental.

Entre as principais diretrizes estabelecidas destacam-se:

- recuperação da funcionalidade ecológica da paisagem;
- conservação e ampliação da cobertura vegetal nativa;
- fortalecimento da infiltração hídrica e proteção das nascentes;
- redução de processos erosivos;
- regeneração da fertilidade do solo;
- integração entre sistemas produtivos e ecológicos;
- valorização das espécies nativas do Cerrado;
- implantação de Sistemas Agroflorestais;
- utilização de técnicas passivas de manejo da água;
- integração agrovoltaica para geração de energia renovável;
- organização espacial baseada no zoneamento permacultural;
- fortalecimento da resiliência ambiental frente às mudanças climáticas.

As estratégias projetuais foram orientadas pela lógica de baixo impacto ambiental e máxima eficiência ecológica, priorizando soluções adaptadas às condições climáticas e hidrológicas do Cerrado.

Também foi considerada a necessidade de criar sistemas produtivos resilientes e capazes de promover recuperação gradual da paisagem sem comprometer sua funcionalidade ecológica.

6.4 Ferramentas e critérios de intervenção

O desenvolvimento da proposta utilizou ferramentas de análise territorial e desenho ambiental aplicadas à Arquitetura Paisagista Regenerativa.

Entre as principais ferramentas utilizadas destacam-se:

- mapas de uso e ocupação do solo;
- análise topográfica;
- leitura de curvas de nível;
- diagramas de fluxos hídricos;
- esquemas de zoneamento;
- croquis conceituais;
- diagramas funcionais;
- referenciais da Permacultura;
- princípios de desenho regenerativo.

Os critérios de intervenção foram definidos a partir das vulnerabilidades e potencialidades identificadas na área de estudo.

Nas áreas com maior suscetibilidade à erosão priorizou-se a implantação de técnicas de retenção hídrica, cobertura vegetal e estabilização do solo. Em regiões com potencial de regeneração ecológica foram propostas estratégias de reflorestamento e sucessão vegetal utilizando espécies nativas.

As áreas produtivas foram organizadas conforme a lógica do zoneamento Permacultural, considerando intensidade de manejo, proximidade das áreas de permanência humana e eficiência operacional.

Para o manejo hídrico adotaram-se critérios voltados à desaceleração do escoamento superficial, aumento da infiltração e retenção de água no território, incluindo:

- poços meia-lua;
- barramentos de retenção;

- cobertura orgânica do solo;

A implantação dos Sistemas Agrovoltaicos considerou fatores como orientação solar, acessibilidade, integração produtiva e minimização de impactos sobre a paisagem natural.

Dessa forma, as ferramentas e critérios adotados permitiram estruturar uma proposta integrada, capaz de responder simultaneamente às demandas ambientais, produtivas e paisagísticas da área estudada.

7. Proposta de Arquitetura Paisagista

7.1 Conceito do projeto

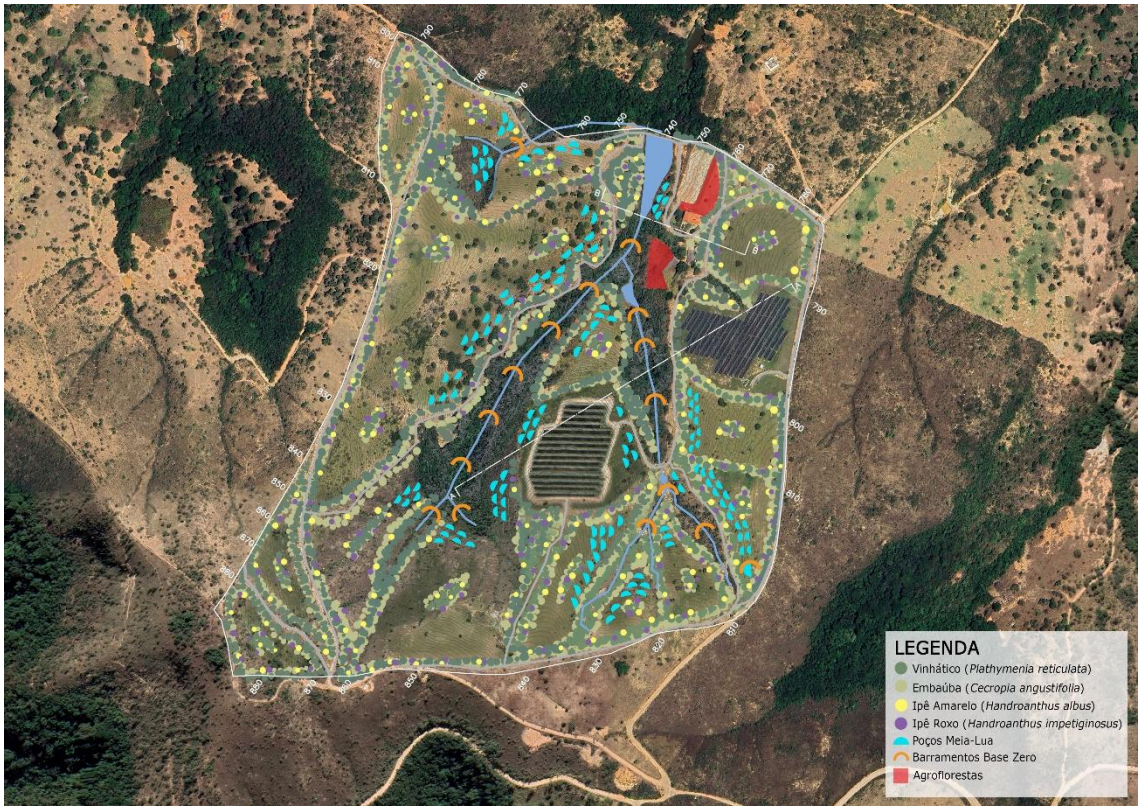


Figura 15 - Plano Geral do projeto

O conceito da proposta fundamenta-se na criação de uma paisagem regenerativa integrada, capaz de restaurar processos ecológicos degradados e promover equilíbrio entre conservação ambiental, produção sustentável e ocupação humana.

A proposta busca reinterpretar a paisagem rural do Cerrado a partir dos princípios da Permacultura e da Arquitetura Paisagista Regenerativa, estruturando sistemas multifuncionais que integrem água, vegetação, energia e produção agrícola em uma lógica ecológica interdependente.

O projeto parte da compreensão do território como organismo vivo, no qual cada elemento desempenha funções complementares dentro do sistema ambiental.

Assim, a paisagem projetada não é concebida apenas como composição estética, mas como infraestrutura ecológica capaz de:

- recuperar solos degradados;
- fortalecer o ciclo hidrológico;
- ampliar a biodiversidade;
- promover segurança alimentar;
- gerar energia renovável;
- aumentar a resiliência climática da área.

No contexto de Jaboticatubas, o conceito busca valorizar as características naturais do Cerrado e da Serra do Espinhaço, incorporando soluções adaptadas às condições locais de relevo, clima e sazonalidade hídrica.

7.2 Zoneamento da área

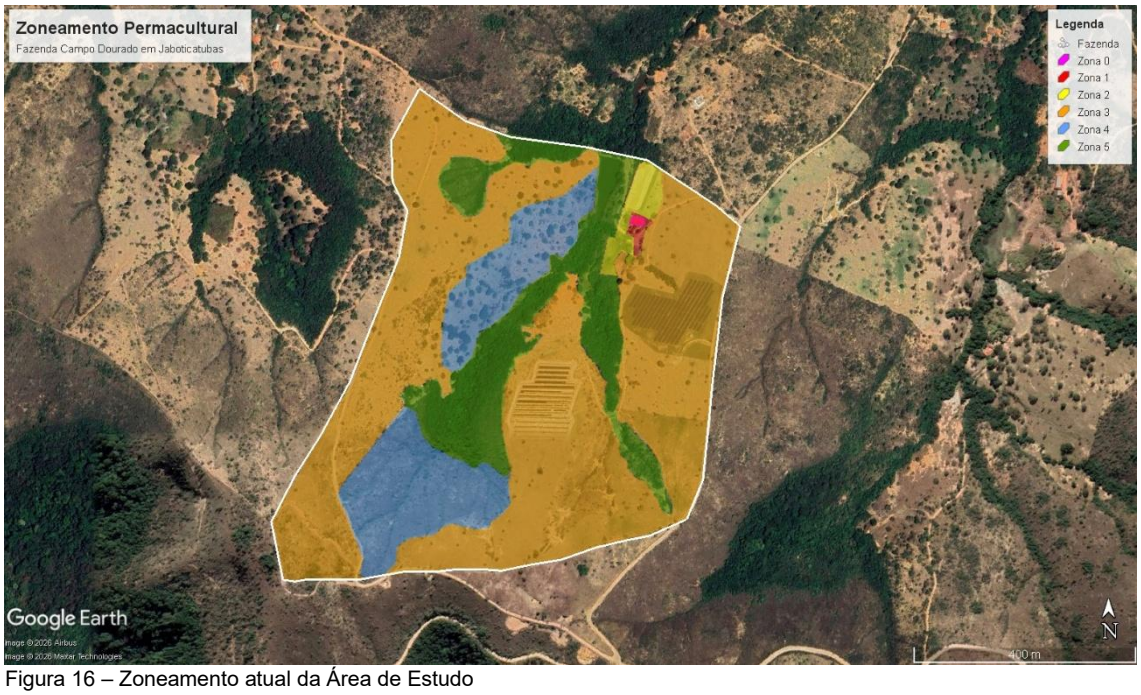


Figura 16 – Zoneamento atual da Área de Estudo

A organização espacial da proposta baseia-se no sistema de zoneamento permacultural, estruturando os usos da paisagem conforme a intensidade de manejo e a frequência de utilização. Baseando no que já existe foi então desenvolvida uma proposta do que pode ser incluído em cada zona.

A Zona 0 corresponde ao núcleo habitacional, constituído pelas edificações principais e pelos espaços de convivência e gestão das atividades da propriedade.

A Zona 1 compreende as áreas de uso intensivo localizadas próximas às edificações, concentrando hortas produtivas, jardins alimentares, viveiros, ervas medicinais, pequenos animais. Trata-se de uma área que demanda manejo diário ou frequente, organizada para facilitar o acesso e reduzir deslocamentos.

A Zona 2 abriga pomares diversificados, Sistemas Agroflorestais de pequena escala, galinheiros e áreas de manejo moderado destinadas à produção alimentar, diversificação da paisagem e recuperação gradual do solo.

A Zona 3 corresponde às áreas produtivas de maior escala, integrando Sistemas Agrovoltaicos, cultivos agrícolas adaptados às condições locais, lavouras e pastagens manejadas. Embora produtiva, exige menor frequência de intervenção humana em comparação às zonas anteriores.

A Zona 4 caracteriza-se pelo manejo semi-intensivo, incluindo áreas de regeneração ambiental controlada, reflorestamento com espécies nativas, produção de biomassa e coleta sustentável de recursos naturais. Essa zona atua como transição entre os espaços produtivos e os ambientes naturais conservados.

Por fim, a Zona 5 é destinada à preservação ecológica e à observação dos processos naturais, abrangendo fragmentos de vegetação nativa, áreas de nascente, corredores ecológicos e demais espaços de conservação. Nessa zona a intervenção humana deve ser mínima ou inexistente, garantindo a proteção da biodiversidade e dos recursos hídricos.

Essa organização espacial busca reduzir impactos ambientais, otimizar fluxos energéticos, fortalecer a funcionalidade ecológica da paisagem e promover a integração entre produção, conservação e regeneração ambiental.

7.3 Organização espacial da paisagem

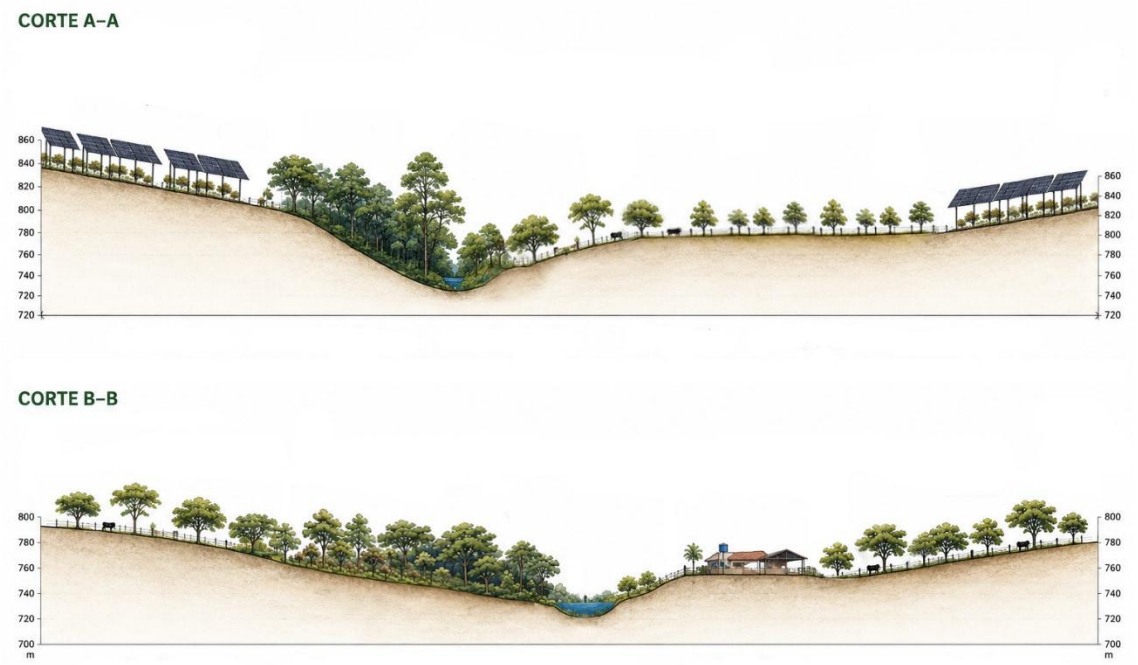


Figura 17 - Cortes conceptuais do projeto

A proposta organiza a paisagem a partir da integração entre sistemas ecológicos, produtivos e hídricos.

As áreas de maior permanência humana foram posicionadas em regiões com melhor acessibilidade e menor vulnerabilidade ambiental. Já os sistemas de retenção hídrica acompanham as curvas de nível e os fluxos naturais de drenagem.



Figura 18 - Plano de plantação conceitual desenvolvido pelo autor.

Os Sistemas Agroflorestais estruturam corredores ecológicos que conectam fragmentos vegetais remanescentes, favorecendo biodiversidade e recuperação ambiental. As áreas de preservação foram mantidas próximas às nascentes, encostas sensíveis e setores de maior relevância ecológica.

A circulação interna foi planejada de modo a minimizar compactação do solo e interferências sobre os fluxos naturais da paisagem. Além disso, o projeto busca integrar visualmente os diferentes setores da área, mantendo relação harmoniosa entre ocupação humana e ambiente natural.

7.4 Estratégias ecológicas aplicadas

As estratégias ecológicas propostas priorizam a recuperação da funcionalidade ambiental da paisagem.

Entre as principais ações destacam-se:

- reflorestamento com espécies nativas;
- implantação de Sistemas Agroflorestais;
- recuperação de áreas degradadas;
- estabilização de processos erosivos;
- cobertura orgânica do solo;
- manejo ecológico da água;
- fortalecimento da biodiversidade;
- proteção de nascentes e matas ciliares.

Os sistemas vegetais foram organizados de forma estratificada, buscando reproduzir dinâmicas ecológicas semelhantes às formações naturais do Cerrado.

A recuperação hídrica foi estruturada por meio da implantação de poços meia-lua e barramentos de retenção.

Essas estratégias contribuem para aumento da infiltração, redução do escoamento superficial e recuperação gradual da fertilidade do solo.

7.5 Sistemas produtivos e energéticos



Figura 19 - Imagem alterada do projeto com sua vegetação estabelecida

A proposta incorpora sistemas produtivos integrados orientados à diversificação econômica e à sustentabilidade ambiental, buscando conciliar geração de renda, conservação dos recursos naturais e aumento da resiliência territorial. Nesse contexto, foram estruturados Sistemas Agroflorestais destinados à produção de alimentos, biomassa, frutos e espécies medicinais, promovendo a integração entre funções ecológicas e produtivas e favorecendo a recuperação e o manejo sustentável das áreas. Os sistemas foram concebidos a partir da combinação de espécies nativas do Cerrado e espécies de interesse produtivo, incluindo árvores frutíferas, espécies pioneiras de rápida regeneração, plantas fixadoras de nitrogênio e espécies medicinais e alimentícias adaptadas às condições ambientais de Jaboticatubas.

Complementarmente, a proposta prevê a implantação de Sistemas Agrovoltaicos, que integram a produção agrícola e a geração de energia solar em uma mesma área, ampliando a eficiência do uso do território. Além da produção de energia renovável, esses sistemas podem contribuir para a redução da evaporação do solo, a melhoria do microclima em determinadas áreas cultivadas e a criação de condições mais favoráveis para algumas atividades agrícolas.



Figura 20. - Imagem representativa dos Sistemas Agrovoltaicos utilizados no projeto.

7.6 Seleção de Espécies Vegetais e Estratégias de Revegetação

A seleção das espécies vegetais adotadas na proposta baseou-se nos princípios da Arquitetura Paisagista Regenerativa e da Permacultura, priorizando espécies nativas ou amplamente adaptadas às condições edafoclimáticas do Cerrado de Jaboticatubas. Os critérios considerados incluíram resistência à estiagem, capacidade de adaptação aos solos locais, potencial de atração da fauna, contribuição para a regeneração ecológica e valor paisagístico.



Figura 21 - Embaúba *(Cecropia pachystachya)*, foto tirada pelo autor na área de estudo.

Entre as espécies selecionadas destacam-se o ipê-amarelo (*Handroanthus albus*), o ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*), o vinhático (*Plathymenia reticulata*) e a embaúba (*Cecropia pachystachya*).

A embaúba desempenha papel fundamental nos processos iniciais de sucessão ecológica, sendo

considerada uma espécie pioneira de rápido crescimento. Sua capacidade de produzir biomassa, proporcionar sombreamento e atrair aves dispersoras de sementes contribui significativamente para a recuperação de áreas degradadas e para a criação de condições favoráveis ao estabelecimento de espécies secundárias.

O vinhático é uma espécie nativa de grande importância ecológica e paisagística, frequentemente utilizada em projetos de restauração florestal. Seu crescimento relativamente rápido, associado à produção de madeira de qualidade e à capacidade de contribuir para a estruturação do dossel arbóreo, favorece a consolidação dos processos de regeneração ambiental.

Os Sistemas Agroflorestais propostos foram concebidos a partir da integração de espécies nativas do Cerrado e espécies de interesse produtivo, buscando reproduzir parte da estrutura e da dinâmica dos ecossistemas naturais. Entre as espécies arbóreas nativas recomendadas destacam-se o pequi (*Caryocar brasiliense*), a cagaita (*Eugenia dysenterica),* o baru (*Dipteryx alata*), a copaíba (*Copaifera langsdorffii*), o jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*) e o vinhático (*Plathymenia reticulata*). Essas espécies apresentam elevado valor ecológico, contribuem para o aumento da biodiversidade, favorecem a atração de fauna polinizadora e dispersora de sementes e, simultaneamente, oferecem potencial econômico por meio da produção de frutos, sementes e produtos florestais não madeireiros.

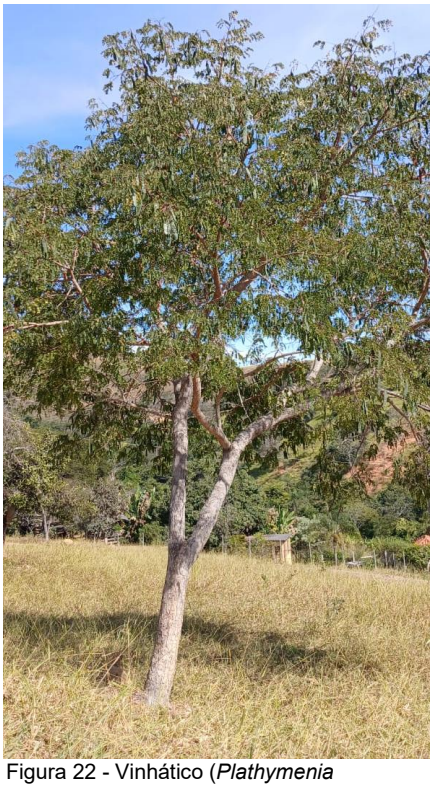


Figura 22 - Vinhático (*Plathymenia reticulata*), foto tirada pelo autor na área de estudo.



Figura 23 Ipê-amarelo (*Handroanthus albus*), foto tirada pelo autor.

Para acelerar os processos de regeneração ecológica e melhorar as condições edáficas, recomenda-se a utilização de espécies pioneiras e fixadoras de nitrogênio, como a embaúba (*Cecropia pachystachya*), o ingá *(Inga edulis*) e o feijão-guandu (*Cajanus cajan*). Essas espécies possuem crescimento rápido, elevada capacidade de produção de biomassa e desempenham funções importantes na proteção do solo, no aumento do aporte de matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes e na criação de

condições microclimáticas mais favoráveis para o estabelecimento de espécies de desenvolvimento mais lento.

Nos estratos intermediários e de produção alimentar, podem ser incorporadas espécies como a bananeira (*Musa spp*.), a mandioca (*Manihot esculenta*), o milho (*Zea mays*) e a abóbora (*Cucurbita spp*.), que permitem obtenção de rendimentos em curto e médio prazo, contribuindo para a segurança alimentar e a diversificação produtiva do sistema. Complementarmente, podem ser introduzidas espécies alimentícias e medicinais adaptadas às condições do Cerrado, como a ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*), a taioba (*Xanthosoma sagittifolium*), o capim-cidreira (*Cymbopogon citratus*) e o alecrim-do-campo (*Baccharis dracunculifolia*), ampliando as possibilidades de uso econômico e fortalecendo a multifuncionalidade dos Sistemas Agroflorestais propostos.



Figura 24 - Ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*), foto tirada pelo autor.

Os ipês-amarelos e roxo foram incorporados ao projeto devido ao seu elevado valor ornamental e ecológico. Suas floradas sazonais contribuem para a qualificação estética da paisagem, além de fornecer recursos para polinizadores, especialmente abelhas nativas. Essas espécies também auxiliam na diversificação estrutural da vegetação e no fortalecimento da identidade paisagística do Cerrado.

A combinação dessas espécies busca promover diferentes funções ecológicas dentro da área de intervenção, integrando processos de sucessão vegetal, aumento da biodiversidade, melhoria das condições microclimáticas, proteção do solo e valorização da paisagem. Dessa forma, a revegetação proposta atua simultaneamente como estratégia de recuperação ambiental e elemento estruturador do desenho regenerativo da propriedade.

7.7 Detalhamento das intervenções

As intervenções propostas foram organizadas de acordo com as características ambientais, produtivas e funcionais da área de estudo, procurando compatibilizar a recuperação ecológica com os usos existentes e as potencialidades do território. O desenho da paisagem priorizou a adaptação às condições locais de relevo, hidrologia, cobertura vegetal e dinâmica de uso da propriedade, estabelecendo estratégias diferenciadas para cada setor de intervenção.

Nas áreas identificadas com processos erosivos e sinais de degradação do solo foram previstas medidas de estabilização e recuperação ambiental, incluindo a implantação de contenções vegetadas, poços meia-lua, cobertura morta e revegetação com espécies nativas do Cerrado. Essas intervenções têm como objetivo reduzir o escoamento superficial, favorecer a infiltração da água no solo, aumentar o aporte de matéria orgânica e estimular os processos de regeneração natural da vegetação.

Nas áreas destinadas à produção foram implantados Sistemas Agroflorestais e estruturas agrovoltaicas integradas, concebidos para conciliar a atividade económica da propriedade com a conservação ambiental e a diversificação produtiva. Próximo às áreas edificadas, foram previstos espaços de uso mais intensivo, incluindo hortas e viveiros permitindo maior eficiência no manejo dos recursos e facilitando as atividades quotidianas de manutenção.

Por sua vez, as áreas de preservação receberam estratégias de regeneração passiva e enriquecimento ecológico mediante a introdução de espécies nativas do Cerrado. Essas áreas desempenham função fundamental na proteção dos recursos hídricos, na conservação da biodiversidade e no fortalecimento da conectividade ecológica da paisagem, constituindo elementos estruturadores da proposta de Arquitetura Paisagista Regenerativa.

7.8 Viabilidade econômica e estratégias de implementação

A implementação desta proposta de Arquitetura Paisagista Regenerativa em Jaboticatubas pode ser apoiada por diversos instrumentos de financiamento públicos e privados, orientados para a restauração ecológica, a conservação dos recursos naturais, a produção agropecuária sustentável e o fortalecimento da resiliência climática em áreas rurais. Entre os mecanismos públicos, destaca-se o Programa para Financiamento a Sistemas de Produção Agropecuária Sustentáveis (RenovAgro), anteriormente que sucedeu o Plano ABC+, que constitui uma das principais políticas nacionais de crédito rural para a transição para uma agropecuária de baixa emissão de carbono. O programa financia práticas como a recuperação de pastagens degradadas, a implantação de Sistemas Agroflorestais, a recuperação e conservação dos solos, a adoção de sistemas integrados de produção, a adequação ambiental das propriedades rurais e outras tecnologias sustentáveis, apresentando elevada compatibilidade com as intervenções propostas para a área de estudo.

Também se destacam o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (Fundo Clima) e as linhas de financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

(BNDES), que apoiam projetos de energias renováveis, recuperação ambiental e soluções baseadas na natureza, bem como o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), destinado ao financiamento de iniciativas de conservação da biodiversidade, proteção dos recursos hídricos e recuperação de áreas degradadas.

Complementarmente, organizações privadas e fundos filantrópicos, como o Instituto Clima e Sociedade (iCS), a Conservação Internacional Brasil (CI-Brasil), têm apoiado projetos de restauração ecológica e desenvolvimento territorial sustentável. Além disso, mecanismos de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) e os mercados voluntários de carbono representam oportunidades adicionais de remuneração pela conservação da vegetação nativa, proteção das nascentes e aumento do sequestro de carbono, contribuindo para a viabilidade económica de projetos regenerativos no Cerrado.

O World Wide Fund for Nature (WWF-Brasil) também se destaca pelo apoio a iniciativas de conservação do Cerrado, recuperação de recursos hídricos e promoção de modelos de produção sustentável, podendo constituir um parceiro estratégico para projetos de Arquitetura Paisagista Regenerativa em áreas rurais de elevada relevância ambiental.

8. Discussão dos Resultados

8.1 Avaliação da proposta

A proposta desenvolvida demonstra potencial para promover recuperação ecológica e fortalecimento da resiliência ambiental da área estudada.

A integração entre manejo hídrico, Sistemas Agroflorestais e geração de energia renovável possibilita estruturar uma paisagem multifuncional adaptada às condições ambientais do Cerrado.

As estratégias adotadas também favorecem redução de processos erosivos, aumento da infiltração hídrica e recuperação gradual da fertilidade do solo.

8.2 Benefícios ambientais, sociais e produtivos

Entre os principais benefícios ambientais identificados destacam-se:

- recuperação da cobertura vegetal;
- aumento da biodiversidade;
- fortalecimento da recarga hídrica;
- redução da erosão;

- melhoria microclimática;
- ampliação da conectividade ecológica.

Do ponto de vista social, a proposta favorece:

- valorização do território rural;
- fortalecimento de práticas sustentáveis;
- geração de conhecimento ambiental;
- potencial de educação ecológica;
- melhoria da qualidade ambiental local.

Já os benefícios produtivos incluem:

- diversificação econômica;
- produção integrada de alimentos e energia;
- aumento da eficiência territorial;
- redução da dependência de insumos externos;
- fortalecimento da segurança alimentar.

8.3 Limitações do estudo

Entre as principais limitações do estudo destacam-se:

- ausência de monitoramento ambiental de longo prazo;
- limitações relacionadas à disponibilidade de dados específicos da área;
- necessidade de aprofundamento técnico em dimensionamentos executivos;
- dependência de manutenção contínua das estratégias regenerativas;
- variabilidade climática associada às mudanças ambientais contemporâneas.

Além disso, a implantação efetiva da proposta depende de fatores econômicos, institucionais e sociais que extrapolam o escopo exclusivamente projetual.

8.4 Possibilidades de replicação

As estratégias apresentadas possuem potencial de replicação em outras áreas do Cerrado sujeitas à degradação ambiental e vulnerabilidade hídrica.

A aplicação de princípios da Permacultura e da Arquitetura Paisagista Regenerativa mostra-se adaptável a diferentes escalas territoriais, desde pequenas propriedades rurais até projetos regionais de recuperação ecológica.

A integração entre manejo hídrico, agroflorestas e Sistemas Agrovoltaicos constitui alternativa promissora para territórios rurais em transição para modelos produtivos mais sustentáveis.

9. Conclusão

9.1 Síntese dos resultados

A pesquisa demonstrou que a integração entre Permacultura e Arquitetura Paisagista Regenerativa apresenta elevado potencial para a recuperação ambiental e reorganização sustentável da paisagem rural no Cerrado.

A proposta desenvolvida para a Fazenda Campo Dourado em Jaboticatubas evidencia que estratégias baseadas em manejo ecológico da água, Sistemas Agroflorestais e integração agrovoltaica podem contribuir simultaneamente para conservação ambiental, produção sustentável e fortalecimento da resiliência territorial.

Os resultados apontam que abordagens regenerativas oferecem alternativas viáveis frente aos processos de degradação ambiental observados no Cerrado contemporâneo.

9.2 Contribuições da pesquisa

A pesquisa contribui para ampliação das discussões sobre Arquitetura Paisagista Regenerativa aplicada ao Cerrado, articulando princípios ecológicos, produtivos e energéticos em uma abordagem integrada da paisagem.

Além disso, o estudo reforça o potencial da Permacultura como ferramenta metodológica para planejamento territorial sustentável e recuperação ambiental em áreas rurais.

Outra contribuição relevante consiste na integração entre Sistemas Agroflorestais e Agrovoltaicos dentro de uma proposta paisagística regenerativa adaptada às condições ambientais do bioma.

9.3 Recomendações para estudos futuros

Como perspectivas futuras, recomenda-se:

- desenvolvimento de estudos executivos detalhados das intervenções propostas;

- monitoramento ambiental de longo prazo;
- avaliação quantitativa dos benefícios hidrológicos e ecológicos;
- aprofundamento técnico sobre Sistemas Agrovoltaicos no Cerrado;
- estudos participativos envolvendo comunidades locais;
- ampliação das pesquisas sobre paisagismo regenerativo.

Também se sugere a realização de análises comparativas entre diferentes estratégias regenerativas aplicadas a áreas degradadas do Cerrado, visando ampliar referências técnicas para planejamento ambiental sustentável.

Em última análise, este trabalho sugere que áreas degradadas do Cerrado não devem ser encaradas como espaços de perda irreversível ou de baixa aptidão, mas como territórios de regeneração e oportunidade. Recomenda-se, portanto, que os princípios e estratégias aqui apresentados sejam testados e adaptados em outros contextos semelhantes, contribuindo para a consolidação de modelos de recuperação capazes de restaurar a funcionalidade ecológica, diversificar as formas de produção e promover um desenvolvimento territorial mais sustentável.

Referências Bibliográficas

OLIVEIRA, VASQUES, V. V., PEREIRA, B. G., MARINHO, L. M., AGUIAR, C., & OLIVEIRA, V. (2018). Zonear para Manejar: o zoneamento permacultural como subsídio às ações de manejo em agroecossistemas. *Cadernos de Agroecologia*, *13*(1). https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/1332

ÖZCAN TATAR, C., BINGÜL, B., PEKKAN, E., & ÇABUK, S. N. (2025). Analysis of permaculture potential of agro-ecological regions with GIS and RS techniques: An example of Ankara Stream Basin. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, *31*(3), 435–451. https://dergipark.org.tr/en/pub/pajes/article/1728060

SANTOS, J. DOS. (2025). *Agrivoltaico - Estudo do potencial em Portugal*. [Dissertação de mestrado, Universidade de Évora]. Repositório Universidade de Évora. https://rdpc.uevora.pt/rdpc/handle/10174/39715

YEDA, Y. (2017). *Estudo da permacultura e da sustentabilidade na engenharia civil.* [Trabalho de Graduação, Universidade Estadual Paulista]. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UNSP_b4cf855fcd3a7f3fb83771b33cd29749

OLIVEIRA , M. DE. (2017). *Espacialidades "Alternativas" e Permacultura.* [Trabalho de Graduação, Universidade Federal de Juiz de Fora]. Repositório Institucional da UFJF. https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/6257/1/marcelafritzdeoliveira.pdf

BARROS, H (2024). *Uma análise das técnicas de recuperação de áreas degradadas e sua viabilidade no semiárido do Brasil*. [Trabalho de Graduação, Universidade Federal da Paraíba]. Repositório Institucional da UFPB. https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/32237

SOUZA, G. DE. (2020) *Envolver o que nos envolve.* [Trabalho de Pós-Graduação, Universidade Federal de Minas Gerais]. Repositório Institucional da UFMG. https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/1a0aee8b-6d55-4c0a-a5fd-5a3b7ba98001/content

MOLLISON, B. (1988). *Permaculture: A designer's manual*. Tagari Publications.

ZANATTA, G., PONTES, T. M., (2021). *Manual de implantação de agrofloresta sucessional para agricultura familiar no bioma cerrado.* Editora da Universidade Federal do Tocantins.