



INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Departamento de Ciências e Tecnologias da Informação

Gestão Inteligente do Território: O problema da dimensão física e económica das propriedades em Portugal

Yzis Katila Sousa Pontes Julião Costa

Mestrado em Sistemas Integrados de Apoio à Decisão

Orientador:

Doutor Vítor Basto Fernandes, Professor, Professor Auxiliar com
Agregação

ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa

Outubro 2024

Departamento de Ciências e Tecnologias da Informação

Gestão Inteligente do Território: O problema da dimensão física e económica das propriedades em Portugal

Yzis Katila Sousa Pontes Julião Costa

Mestrado em Sistemas Integrados de Apoio à Decisão

Orientador:

Doutor Vítor Basto Fernandes, Professor, Professor Auxiliar com
Agregação

ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa

Outubro 2024

Agradecimentos

Esta projeto é fruto de muito trabalho, esforço e dedicação. Quando me lancei no desafio de fazer o mestrado de Sistema de Apoio à Decisão, foi com o objetivo de investir nos meus estudos acadêmicos e aprofundar o meu conhecimento.

O meu interesse pela área tecnológica surgiu no final ano de 2021, após ter completado a minha Licenciatura em Gestão e ter trabalhado em Auditoria, percebi que tinha um fascínio pela área de tecnologia e decidi desafiar-me a vergar para este mestrado, no intuito de mudar a minha profissão.

Gostaria de dedicar este trabalho aos meus pais que sempre investiram na minha educação e por tudo que me ensinaram para me tornar na pessoa que sou hoje. Ao meu irmão por sempre ter acreditado em mim e por me orientar e apoiar em todas as minhas decisões. À minha cunhada pelo apoio durante o mestrado, aos meus sobrinhos por, inconscientemente, ajudarem-me a superar e esquecer todas as adversidades através dos seus simples sorrisos e aos meus amigos por todo o apoio e motivação que me transmitiram ao longo deste percurso.

Ao meu orientador Professor Vítor Basto Fernandes, agradeço a motivação e orientação para a realização deste projeto.

Yzis Katila Sousa Pontes Julião Costa

Resumo

A projeto visa a apresentar uma solução inteligente para contribuir à gestão inteligente do território, com foco no contexto português, particularmente aos desafios territoriais enfrentados no país. O objetivo central é explorar como a troca de propriedades com a áreas semelhantes entre proprietárias pode otimizar o ordenamento e planeamento territorial através da análise de dados, utilizando como fornecedor de dados a plataforma online Sistema de Identificação Parcelar, onde é possível encontrar todo o registo de propriedades no território português.

A motivação do estudo surge da necessidade de integrar abordagens tecnológicas inovadoras para melhorar a gestão territorial e enfrentar problemas como a desertificação do interior, a urbanização costeira descontrolada e o abandono das zonas rurais. Além disso, o projeto procura investigar como troca de propriedades pode contribuir para uma gestão mais adaptativa e sustentável, incorporando dados heterogéneos, respeitando a privacidade e segurança da informação e promovendo a participação comunitária.

A metodologia de investigação segue o modelo CRISP-DM, com seis fases estruturadas para auxiliar a exploração de dados territoriais e a otimização do território. O trabalho é dividido em cinco capítulos, começando com uma introdução ao problema e à motivação do estudo, seguido da revisão de literatura, análise de dados, avaliação dos modelos e conclusão com propostas de melhorias futuras.

Palavras-chave: Troca de propriedades; Gestão Inteligente do Território; Ordenamento Territorial; Planeamento Territorial; Desequilíbrio Territorial; Sistema de Identificação Parcelar (iSIP); Dados Geoespaciais.

Abstract

The dissertation aims to present an intelligent solution to contribute to smart land management, with a focus on the Portuguese context, particularly the territorial challenges faced in the country. The central objective is to explore how the exchange of properties with similar areas between owners can optimize land use and planning through data analysis, using the online platform Sistema de Identificação Parcelar as a data provider, where the complete property registry in Portugal can be found.

The motivation for the study arises from the need to integrate innovative technological approaches to improve land management and address issues such as interior desertification, uncontrolled coastal urbanization, and the abandonment of rural areas. Additionally, the dissertation seeks to investigate how property exchange can contribute to more adaptive and sustainable land management, incorporating heterogeneous data, respecting privacy and data security, and promoting community participation.

The research methodology follows the CRISP-DM model, with six structured phases to assist in the exploration of territorial data and land optimization. The work is divided into five chapters, starting with an introduction to the problem and motivation of the study, followed by a literature review, data analysis, model evaluation, and conclusions with proposals for future improvements.

Keywords: Property Exchange; Smart Land Management; Land Use Planning; Territorial Planning; Territorial Imbalance; Parcel Identification System (iSIP); Geospatial Data.

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	iii
Abstract	v
Índice de Figuras	ix
Lista de Siglas e Acrónimos.....	xi
CAPÍTULO 1	1
Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Motivação.....	2
1.3. Objetivos do Projeto.....	3
1.4. Perguntas de Investigação	3
1.5. Metodologia de Investigação	4
1.6. Estrutura do Projeto.....	5
CAPÍTULO 2	7
Revisão da Literatura	7
2.1. Gestão Inteligente do Território	7
2.1.1. Desafios enfrentados em Portugal	8
2.2. Abordagens Tradicionais e as suas limitações	10
2.2.1. Zonamento Urbano-Rural	11
2.2.2. Ordenamento Territorial Descentralizado.....	11
2.3. Inteligência Artificial na gestão territorial.....	12
2.4. Problema de Otimização.....	13
2.4.1. Multilayer networks	14
2.4.2. Algoritmos adequados no contexto do problema.....	15
2.5. As fontes de dados e a sua acessibilidade.....	16
2.5.1. iSIP como fonte de dados	17
CAPÍTULO 3	19
Metodologia	19
3.1. Compreensão do Negócio.....	19
3.2. Compreensão dos dados	19
3.3. Preparação dos Dados.....	21
3.3.1. Seleção dos Dados	22

3.3.2. Limpeza dos Dados	22
3.4. Modelação	22
3.4.1. Técnicas e algoritmos aplicados	23
CAPÍTULO 4	29
Interpretação dos resultados	29
4.1. Avaliação dos modelos	29
4.2. Implementação.....	32
CAPÍTULO 5	33
Conclusão	33
5.1. Conclusão do Problema	33
5.2. Melhorias para Trabalhos Futuros	35
Referências Bibliográficas	37

Índice de Figuras

Figura 1.1 Metodologia CRISP-DM	4
Figura 2.1 Representação esquemática de uma <i>multilayer network</i>	14
Figura 3.1 Ilustração da tabela Parcelas_az_oc no SQLite	21
Figura 3.2 Mapa das ilhas Corvo e das Flores, localizadas no Arquipélago dos Açores.....	22
Figura 3.3 Distribuição normal de, em média, 10 terrenos por proprietário.....	24
Figura 3.4 Distribuição normal de, em média, 2 terrenos por proprietário.....	26
Figura 3.5 Distribuição normal de, em média, 25 terrenos por proprietário.....	27
Figura 4.1 Representação gráfica das trocas de propriedades possíveis por cenário	31
Figura 4.2 Representação gráfica do número de trocas efetuadas por cenário	31

Lista de Siglas e Acrónimos

SIG Sistemas de Informação Geográfica

BUPI Balcão Único do Prédio

eBUPI Expansão do Sistema de Informação Cadastral Simplificado

IFAP Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas

iSIP Sistema de Identificação Parcelar

IA Inteligência Artificial

RGPD Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados

CRISP-DM Cross Industry Standard Process for Data Mining

CAPÍTULO 1

Introdução

Este primeiro capítulo apresenta um enquadramento do presente estudo, salientando-se os objetivos, a necessidade e a metodologia adotada para a investigação.

1.1. Enquadramento

A compreensão do território acompanha a sociedade humana há muito tempo. Começando por uma organização social mais primitiva consistindo na caça, acompanhando, de seguida, a era dos Impérios até à consolidação dos estados-nação. A organização e evolução social e económica mais recente dos países desenvolvidos, levou à necessidade de um conhecimento mais profundo e detalhado do território à conseqüente criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). A integração estatística, informática e geográfica no desenvolvimento dos SIG revolucionou a forma de coletar, organizar, processar e consumir informações geoespaciais.

Na segunda metade do século XX observou-se um aumento do desenvolvimento de áreas urbanizáveis, com o intuito de promover uma melhor qualidade de vida aos cidadãos. Conseqüentemente, surgiu a necessidade de adotar políticas de ordenamento do território, sendo o seu objetivo de “desenvolver de modo equilibrado as regiões e organizar fisicamente o espaço segundo uma conceção orientadora”, atendendo à “expressão espacial das políticas económicas, sociais, culturais e ecológicas de toda a sociedade” [1]

Durante a década de 60, como parte de um programa governamental, criaram-se os primeiros Sistemas de Informação Geográfica (SIG), no Canadá. Os SIG servem como recurso para a visualização, análise e interpretação de dados de modo a compreender relações padrões e tendências; consideram-se ferramentas essenciais para a gestão inteligente do território devido à sua complexidade, pois estes ainda possibilitam a análise à localização espacial e a organização de camadas de informação em visualizações com o recurso de mapas 3D. [2]

Na sociedade atual, a gestão territorial é uma atividade fundamental, pois sem uma postura ativa a nível do ordenamento do território, torna-se difícil endereçar tópicos como o desenvolvimento económico, a qualidade de vida dos cidadãos, a preservação do património e/ou a sustentabilidade ambiental.

Atualmente, as cidades e regiões inteligentes são uma preocupação em Portugal, pois um dos grandes problemas que o país enfrenta é a desertificação e o abandono do espaço rural, devido ao aumento da litoralização, resultando na pouca população e falta de oportunidades de trabalho e desenvolvimento pessoal nas zonas rurais, assim como a concentração destes recursos nas cidades.

Por consequência, todos estes fatores enumerados resultam no desequilíbrio territorial, na ausência de ordenamento do território e a limitação do desenvolvimento do espaço rural. Por outro lado, a falta de escala mínima necessária para tornar viável a agricultura e outras atividades económicas (v.g. agrícolas e turísticas), sociais e de proteção ambiental (v.g. desertificação e fogos florestais) nos territórios rurais, tem levado a uma supressão crónica dos espaços rurais, caracterizados pela alta fragmentação das propriedades rurais.

Este projeto estuda o problema da dimensão física e económica das propriedades rurais em Portugal consistindo na elevada fragmentação dos territórios rurais, propõe estratégias, mecanismos e ferramentas que permitem aos atores envolvidos na gestão do território compreenderem melhor este problema, atuarem ao nível da comunicação entre proprietários, identificarem o potencial de agregação (desfragmentação) dos territórios e dos correspondentes reflexos nas dimensões social, económica e ambiental.

1.2. Motivação

A motivação para a realização deste projeto sobre “Gestão Inteligente do Território: O problema da dimensão física e económica das propriedades em Portugal” tem por base:

- 1) A constatação da crescente degradação social, económica e ambiental de uma parte muito considerável do território português (“2/3 do território português é ocupado por espaços silvestres - solo rústico”);
- 2) A crescente importância das políticas públicas direcionadas para a gestão do território rural, entre as quais se destaca a iniciativa de cadastro georreferenciado das propriedades rústicas em Portugal (BUPi - Balcão Único do Prédio); Assim como, no sentido de contrariar este problema, o Decreto-lei n.º 29/2020 de 29 de junho criou o programa de apoio ao Emparcelamento Rural Simples, nomeado como “Emparcelar para Ordenar”, com o intuito de apoiar o aumento da dimensão física dos prédios rústicos, em contexto de propriedades agrícolas de pequeno porte e em territórios vulneráveis e, ainda, sustentar o crescimento da viabilidade e sustentabilidade económica das explorações. [3]

- 3) Os desenvolvimentos em ciências da computação e tecnologias da informação, que permitem a criação de ferramentas direcionadas para a resolução dos problemas da fragmentação do território, quando representados através de modelos computacionais e tratados como problemas de otimização e decisão.

1.3. Objetivos do Projeto

A gestão inteligente do território é uma questão importante para enfrentar desafios complexos e interconectados que as comunidades debatem atualmente: a rápida urbanização, mudanças climáticas, pressões ambientais e procura crescentes por recursos são um problema significativo sobre as autoridades responsáveis pela gestão do território. Assim sendo, a otimização da troca de propriedades entre proprietários, avaliando estas pela sua área e distância entre si, emerge como uma ferramenta estratégica e inovadora capaz de transformar a forma como as decisões são tomadas em relação ao território.

O projeto procura explorar os potenciais benefícios e desafios associados à otimização de gestão inteligente do território. Ao abordar questões críticas, como a integração de fontes de dados heterógenos, a segurança da informação (proteção dos dados de acordo com o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (RGPD)), pretende-se fornecer *insights* práticos para desenvolver uma solução tecnologicamente avançada e inovadora.

Em suma, é possível definir o objetivo deste projeto no estudo, análise e desenvolvimento para a gestão de propriedades recorrendo a uma base de dados extraída na plataforma online de acesso público denominada Sistema de Identificação Parcelar (iSIP) com base nos dados disponibilizado pelo Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas (IFAP), instituto público responsável pelo controlo de dados geográficos.

1.4. Perguntas de Investigação

Este estudo responde à questão principal identificada do problema mencionado:

- Em que medida a aplicação de um algoritmo de otimização permite propriedades com áreas semelhantes para a promoção da desfragmentação (emparcelamento)?

Contudo, sendo esta a questão principal do estudo e, também bastante ampla, é possível considerar outras questões igualmente relevantes e convergentes à questão principal, tais como:

- i. Quais as métricas podem ser definidas para medir os níveis de agregação?
- ii. Qual a melhor estratégia de permuta entre proprietários para aumentar as áreas médias?

- iii. Quais algoritmos podem ser utilizados para a otimização do problema?

1.5. Metodologia de Investigação

Numa primeira abordagem, pretende-se reunir um conjunto de informação sobre os desafios enfrentados em Portugal no que toca à sua gestão territorial, abordando questões mais teóricas, tais como: o ordenamento e planeamento do território, cadastro predial e o impacto da fragmentação do território na indústria; e compreender, de que maneira, a implementação de inteligência artificial na gestão territorial se torna uma resposta para os problemas identificados.

Assim sendo, de forma a obter o conhecimento destas questões, procede-se a uma pesquisa e consulta bibliográfica e informativa recorrendo a bases de dados online disponíveis, como o Repositórios Científicos de Acesso Aberto em Portugal (<https://www.rcaap.pt/error.jsp>) e o Repositório do ISCTE (<https://repositorio.iscte-iul.pt/>). Adicionalmente, à leitura de inúmeros documentos, artigos e relatórios e, ainda, recorre-se ao enquadramento legislativo com o recurso do Diário da República.

De seguida, focando-se numa vertente mais prática, face os objetivos e o problema identificado, a metodologia mais adequada para o sucesso do projeto revela-se a metodologia Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM), sendo esta a mais comum na elaboração de problemas que envolvam *data mining*, pois a sua principal vantagem neste âmbito, consiste na fácil e prática aplicação a qualquer tipo de negócio sem dependência de um software ou serviço para que permita ser executada. Esta metodologia é descrita como um modelo de processo hierárquico, compreendendo-se em quatro níveis de abstração: fases, tarefas genéricas, tarefas especializadas e instâncias de processo.

Assim sendo, este projeto reflete-se nas seis fases da metodologia CRISP-DM:

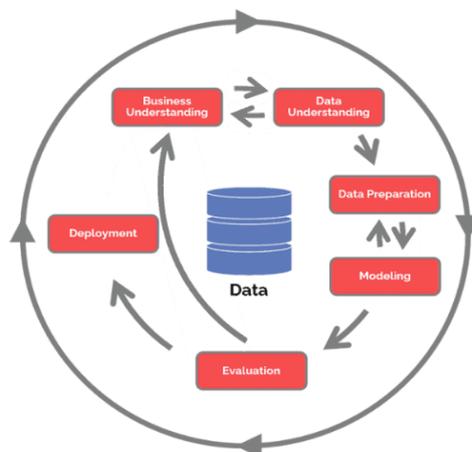


Figura 1.1 Metodologia CRISP-DM

Fonte: <https://www.datascience-pm.com/crisp-dm-2/>

1.6. Estrutura do Projeto

Em termos estruturais, com os objetivos já definidos, o projeto divide-se em cinco capítulos.

O primeiro consiste num enquadramento ao problema, evidenciando os motivos deste estudo.

O segundo capítulo contém uma descrição das técnicas de investigação utilizadas no âmbito da revisão da literatura, assim como a menção de temas de investigação e projetos já desenvolvidas em áreas semelhantes.

Por sua vez, o terceiro capítulo descreve o enquadramento do negócio e dos dados, como também, explica os dados utilizados no trabalho, os resultados obtidos e a sua interpretação no contexto do problema.

O quarto capítulo relata a análise e visualização do estudo realizado. Ainda neste capítulo, pode-se encontrar respostas às perguntas criadas durante a formulação do problema, tal como a validação do que se elaborou.

Por último, o quinto capítulo consiste nas conclusões fundamentadas através do resultado do estudo e, também, na proposta de melhorias do trabalho realizado.

CAPÍTULO 2

Revisão da Literatura

Este capítulo é composto pelo estudo das metodologias, conceitos e soluções que declaram a temática do estudo, onde se procura reter um maior conhecimento da área que incide a investigação, sendo esta: a Otimização da Gestão Territorial.

Adicionalmente, tender-se-á a estudar abordagens tradicionais e as suas limitações com a implementação de tecnologias de informática e comunicação no planeamento e ordenamento do território, assim como, a sua aplicação na gestão territorial. Além disso, salienta-se a integração de dados heterógenos, a adaptação consoante a mudanças ambientais, assim como, também se entende como preservar a segurança e a privacidade dos dados.

2.1. Gestão Inteligente do Território

A Geografia deve estar atenta e adaptar-se aos problemas, métodos e técnicas que decorrem ao longo do tempo, estando pronta para atualizar categorias e conceitos que surjam como resposta aos modos de vida e aos desafios ambientais de cada momento histórico.

Nesta perspetiva surge a Inteligência Territorial através de diferentes conceções com o objetivo de destacar os processos inteligentes na gestão do território no mundo contemporâneo. A promoção de uma gestão inteligente a nível territorial permite o enriquecimento da pesquisa geográfica através da integração de ciências da computação e tecnologias da informação, de forma a tornar as cidades mais eficientes, sustentáveis e habitáveis, melhorar a qualidade de vida e a acessibilidade, assegurar um desenvolvimento sustentável, além de, também oferecer soluções sistémicas e favorecer uma mudança de comportamento civilizacional. Além disso, a gestão inteligente do território propõe a criação de ambientes de inovação e criativos, e a distribuição do poder aos governos municipais, com o objetivo da consumação da inteligência territorial, através de um ordenamento inteligente, uma administração inteligente e comunidades inteligentes.

A aplicação de uma gestão inteligente do território resulta em mudanças positivas, pois através de um ordenamento do território inteligente, é possível garantir uma organização criteriosa de recursos, beneficiando os territórios e a comunidade, incidindo no modo de intervenção da “prática de sobrevalorizar o plano e subvalorizar a gestão; também na compreensão do plano como guião das mudanças, isto é, capacidade de acolher oportunidades não previstas sem questionar permanentemente; a valorização de intervenções *bottom up*; a sua

atuação simultânea em soluções estruturantes, de longo prazo e em soluções micro, de curto e médio prazo e a sua estimulação em soluções criativas fundamentadas em mecanismos de controlo e avaliação”. [4]

Por sua vez, uma administração inteligente consiste na “proatividade e liderança dos processos de reconfiguração dos territórios, de modo a otimizar processos de atuação, mobilizar os atores na construção, avaliação e utilização de um projeto territorial e que trabalhe no fortalecimento das estruturas de articulação e de concertação e na transparência dos processos negociais, além que, esta também necessita de monitorizar os resultados obtidos e fomentar a informação, formação e participação da sociedade civil na gestão dos seus territórios”. [5]

Por fim, no que toca a comunidades inteligentes, é importante referir a sua “capacidade de influência efetiva e persistente na configuração dos seus espaços de vida” [4], onde procuram adotar comportamentos mais sustentáveis a modo de preservar o território.

2.1.1. Desafios enfrentados em Portugal

No que toca a questões de ordenamento do território em Portugal, é possível agrupar em dois grupos, considerando o primeiro grupo como elementos de estabilidade e o segundo como fatores de instabilidade. Neste primeiro grupo, integra-se o território: a rede urbana e os municípios, este último como elemento da gestão territorial. No segundo grupo, distingue-se a população, devido à sua baixa taxa de crescimento, e os níveis supramunicipais da gestão do território. [4]

Contudo, a situação urbanística não resolvida também se difere devido às características que apresenta, sendo estas:

- a rapidez de urbanização reforçando a litoralização, que resulta no abandono do interior;
- o abandono e degradação de centros históricos;
- a urbanização indisciplinada e com tendências dispersivas;
- o congestionamento durante o dia nas zonas urbanas;
- a irracionalidade na ocupação dos solos
- a má formação de infraestruturas urbanas, bem como, em equipamentos e locais públicos;
- a segregação social do espaço;
- a perda de identidade de algumas periferias e espaços urbanos;
- o défice na fiscalidade urbanística, favorecendo a especulação imobiliária;
- ausência de uma política dos solos eficiente;

- e o aumento da marginalização de áreas rurais, bem como o seu abandono, envelhecimento e despovoamento resultando na perda das suas características tradicionais.

O Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território foi criado pela Lei de Bases Políticas de Ordenamento do Território e de Urbanismo em 1998, serve como instrumento para o sistema de gestão territorial, pois define objetivos e soluções estratégicas de desenvolvimento territorial e estabelece o modelo de organização do território nacional. Este distingue-se como quadro de referência para posteriores programas e planos territoriais e também como elemento de orientação das estratégias com incidência territorial.

De acordo, com o primeiro Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território aprovado em 2007 (Lei n. 58/2007, de 4 de setembro, retificada pelas Declarações de Retificação n. 80-A/2007, de 7 de setembro e n. 103-A/2007, de 23 de novembro), identifica-se 24 problemas para o ordenamento do território, podendo estes, serem agrupados em seis núcleos problemáticos:

- i. recursos naturais e gestão de riscos;
- ii. desenvolvimento urbano;
- iii. transportes, energia e alterações climáticas;
- iv. competitividade dos territórios;
- v. infraestruturas e serviços coletivos;
- vi. e cultura cívica, planeamento e gestão territorial.

Por outro lado, Portugal tem vindo a enfrentar alguns problemas devido à desertificação dos territórios de baixa densidade, de forma a combater este problema, uma das soluções encontradas será o aumento da resiliência e a vitalidade das zonas rurais. Para isso, entende como prioridade, atualizar e completar o cadastro da propriedade rústica.

Além disso, Portugal encontra-se, maioritariamente, preenchido com prédios, porém, torna-se difícil saber a quantidade ou a localização de cada um. Na zona urbana, é bastante perceptível a divisão predial e da propriedade devido à alta densidade edificada, mas quando se refere à zona rural, essa divisão não é esclarecedora, tornando-se difusa.

Desta forma, o Cadastro Predial surge como solução para este problema, pois serve de “instrumento público apropriado para identificar e marcar todos os prédios - rústicos e urbanos – existentes em território nacional.”[6] Porém, o Cadastro Predial ainda não se encontra em vigor no país, sendo utilizado outro tipo de cadastro, - o Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica – em algumas regiões do país.

O BUpi surge como uma solução simplificada e inovadora com o intuito de conhecer o território português, agregando informação registral, matricial e georreferenciada relacionada com os prédios. Este opera através de uma plataforma integrada onde comunica com todas as bases de dados e aplicações que possuem informações prediais.

Por sua vez, o IFAP - Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas integra na administração do Estado, possuindo autonomia a nível administrativo e financeiro, contando com património próprio. Com o objetivo de garantir a eficiência da gestão e implementação de políticas agrícolas e marítimas, atuado como elemento fulcral entre os agricultores, pescadores e financiamento europeu. [7]

Contudo, no início do ano de 2024, eBUpi (Expansão do Sistema de Informação Cadastral Simplificado) e IFAP assinaram um protocolo para a partilha de informação, com o objetivo de melhorar o conhecimento do território nacional através da partilha de informação entre estas instituições e, também, com o Instituto dos Registos e do Notariado (IRN). Segundo este protocolo, o IFAP indica partilhar informação sobre as parcelas agrícolas com o eBUpi, enquanto este fornece informação sobre os prédios rústicos e mistos com o IFAP – esta partilha de informação permite o desenvolvimento do Balcão Único do Prédio (BUpi) e melhora o cumprimento das atribuições do IFAP [8].

2.2. Abordagens Tradicionais e as suas limitações

Neste subcapítulo, salienta-se a importância de estudar a essência de gestão do território para entender como implementar inteligência artificial, de forma a otimizar o ordenamento e planeamento do território - estes dois conceitos consistem na organização e na gestão do espaço territorial.

Desta forma, o ordenamento do território, assim como referido por Correia, Mafalda (2009),” consiste na identificação de unidades territoriais e fundamentação das opções para a arrumação das classes de uso do solo existentes ou a promover” [9]. A definição de ordenamento de território foi oficialmente aprofundada pela Lei de Bases do Ambiente¹ (LBA), de 1987, no artigo 5º, a qual se refere ao mesmo como “processo integrado da organização do espaço biofísico, tendo como objetivo o uso e a transformação do território, de acordo com as suas capacidades e vocações, e a permanência dos valores de equilíbrio biológico e de estabilidade geológica, numa perspetiva de aumento da sua capacidade de suporte de vida” [10].

Por sua vez, o planeamento territorial foca-se na organização do território, adotando estratégias de desenvolvimento económico e social, com o objetivo de preservar o ambiente e o património, assim como, a integração dos diversos interesses públicos com expressão territorial.

Em suma, é necessário salientar que “Por planeamento do território entende-se uma estrutura analítica e estratégica, na sua essência um conjunto coerente de políticas que estabelecem ou modificam o ordenamento territorial. Em termos gerais, as políticas territoriais, aliás como quaisquer outras políticas, pretendem transformar uma situação atual ou existente, numa situação desejável ou futura, através de um conjunto de ações que se designam por meios, instrumentos ou medidas de políticas.” [11]

2.2.1. Zonamento Urbano-Rural

É notório que existem muitas tentativas de definir o que consiste num espaço urbano e num espaço rural.

Por norma, o espaço rural é caracterizado como um mundo subdesenvolvido, enquanto o espaço urbano é visto como lugar com mais recursos devido ao desenvolvimento que o espaço tem sofrido ao longo do tempo.

O mundo rural é caracterizado por longas extensões de terrenos onde albergam um reduzido número de habitantes, onde predominam as atividades económicas primárias, bem como, a produção de matérias-primas (agricultura e pecuária) com intuito de abastecer indústrias; as atividades terciárias predominam no mundo urbano. Por norma, nas zonas rurais não existe um grande acesso a equipamentos e serviços, como por exemplo, assistência médica mais especializada, sendo a população forçada a deslocar-se para a cidade.

Quando se menciona o conceito de cidade, idealiza-se a sua definição através das suas fronteiras geográficas delimitadas pelo território municipal. Porém, o geógrafo e professor Álvaro Domingues defende a ideia de que o conceito de cidade se encontra em constante evolução, ultrapassando as fronteiras geográficas e expandindo-se de forma global. [12]

Posto isto, é necessário considerar a reinvenção da cidade através de projetos de renovação urbana e a importância da preservação do património.

2.2.2. Ordenamento Territorial Descentralizado

O conhecimento da descentralização territorial é fundamental para o ordenamento territorial, pois torna-se prioridade a construção de um sistema de gestão que permita dificultar o

crescimento desordenado das cidades, de modo a promover uma sustentabilidade local. Além do mais, ao impedir este crescimento, é possível proporcionar as faculdades necessárias para definir as prioridades da gestão ambiental, visto que os problemas ambientais é uma constante preocupação.

Por sua vez, a descentralização visa adaptar políticas de ordenamento territorial às necessidades específicas consoante cada região. Assim, cada autarquia possui a liberdade de implementar o seu planeamento territorial, estabelecendo regras e diretrizes para a utilização do solo, ocupação urbana e infraestruturas.

2.3. Inteligência Artificial na gestão territorial

Em 1956, a inteligência artificial (IA) foi formalmente estabelecida como um campo de estudo, durante a Conferência de Dartmouth, que é frequentemente considerada o ponto de partida da Inteligência Artificial como disciplina académica.

A inteligência artificial define-se como um ramo da ciência de computação que se foca na criação de sistemas e programas capazes de realizar tarefas que por norma, requerem a inteligência humana. Isso inclui habilidades como raciocínio, aprendizagem, percepção, compreensão de linguagem natural e a tomada de decisões. Podendo esta ser dividida em duas categorias principais:

- Narrow AI, referente a sistemas projetados para realizar uma tarefa específica, como reconhecimento de voz, recomendação de produtos ou jogos. Esses sistemas não possuem consciência ou compreensão geral, porém são altamente eficazes nas suas funções;
- General AI, define-se como sistemas que possuem a capacidade de compreender, aprender e aplicar inteligência de maneira semelhante a um ser humano.

As técnicas de IA incluem *machine learning*, redes neuronais, processamento de linguagem natural, raciocínio lógico e algoritmos evolutivos, entre outros.

Adicionalmente, a inteligência artificial possui um impacto significativo na gestão do território, contribuindo para a eficiência e eficácia em diversas áreas, como planeamento urbano, monitorização ambiental e gestão de recursos naturais. Essas formas de impacto classificam-se por Análise de dados, Modelação Preditiva, Otimização de Recursos, Monitorização em Tempo Real e Participação da Comunidade.

Para a execução dessas funções, as utilizações de sistemas de informação são cruciais na gestão territorial, facilitando a extração, análise e disseminação de dados geoespaciais. [13]

Segundo Laudon e Laudon (2003), um sistema de informação entende-se tecnicamente como um conjunto de componentes interrelacionadas que recolhem, processam, armazenam e distribuem informações determinadas a fundamentar a tomada de decisões, a coordenação e o controlo de operações, análise de problemas, visualização de dados complexos e criar produtos numa organização. Sendo assim, considera-se sistemas de apoio à decisão como sistemas de informação, com o objetivo de apoiar a gestão de decisões semiestruturadas funcionando como ferramentas de suporte no decorrer da tomada de decisão [14].

Desta forma, a utilização de sistemas de apoio à decisão na gestão territorial agrega uma abordagem científica e metodológica para a automação e intelectualização dos processos de tomada de decisão, com objetivo de melhorar a eficácia e a qualidade das atividades de gestão através do recurso de tecnologias avançadas de informação inteligente e informações analíticas complexas.

A utilização de inteligência artificial tenciona desempenhar uma tarefa crucial na gestão territorial, pois visa a melhorar a eficiência e qualidade das atividades de gestão por meio de tecnologias avançadas de informação inteligente e informações analíticas complexas. Os sistemas de informação integram bancos de dados locais existentes, recolhe conhecimento especializado e fornece monitorização contínua e previsão da situação, automatizando a preparação de relatórios analíticos e fornecendo visualização de dados usando sistemas de informação geográfica.

Além disso, as utilizações destes sistemas apresentam algumas vantagens, pois ajudam na tomada de decisões fundamentadas por um ambiente dinâmico, aumentando assim, a eficiência e qualidade das decisões de gestão.

Assim sendo, a aplicação de inteligência artificial possui um papel fundamental na gestão territorial, uma vez que fornece um apoio dinâmico e informativo na prática de atividades analíticas e na tomada de decisões.

2.4. Problema de Otimização

A compreensão de ciência de redes e teoria de grafo, é comum estes dois termos serem considerados sinónimos apesar de apresentar algumas diferenças na sua terminologia.

Dentro da ciência de redes, a combinação (rede, nó, ligação) refere-se a sistemas reais, um bom exemplo para ajudar na compreensão da terminologia será a sociedade, pois esta é uma rede de indivíduos ligados por laços familiares, de amizade ou profissionais.

Por outro lado, no que toca à teoria de grafo, aplica-se os termos (grafo, vértice, aresta) para a representação matemática destas redes, tais como o grafo social, sendo este mais popular em redes sociais.

2.4.1. Multilayer networks

As *multilayer networks* são uma extensão das redes tradicionais que permitem modelar sistemas complexos com múltiplos tipos de interações ou camadas de relação. Em vez de se obter apenas uma rede com nós e ligações, cada camada pode representar diferentes tipos de conexões ou interações [15]. Para o objetivo do projeto, a formulação do problema com as *multilayer network* é o mais indicado, uma vez que um proprietário pode possuir mais que uma propriedades.

Para uma melhor visualização do problema utilizou-se um grafo caracterizado por duas layers, utilizando uma estrutura de Multilayer Network onde cada layer possui nós:

- na Layer 1, os nós representam os proprietários e não possuem ligações entre si apenas se conectam com os nós presentes na Layer 2, uma vez que este problema se foca apenas na possibilidade de um proprietário possuir mais que um terreno;
- na layer 2, os nós tem ligações entre si, pois representam os terrenos.

Com isto, é possível definir que o problema consiste no cálculo da distância entre terrenos, atribuindo o devido número de terrenos mais próximos entre si a só um proprietário, evitando a fragmentação descontrolada do território.

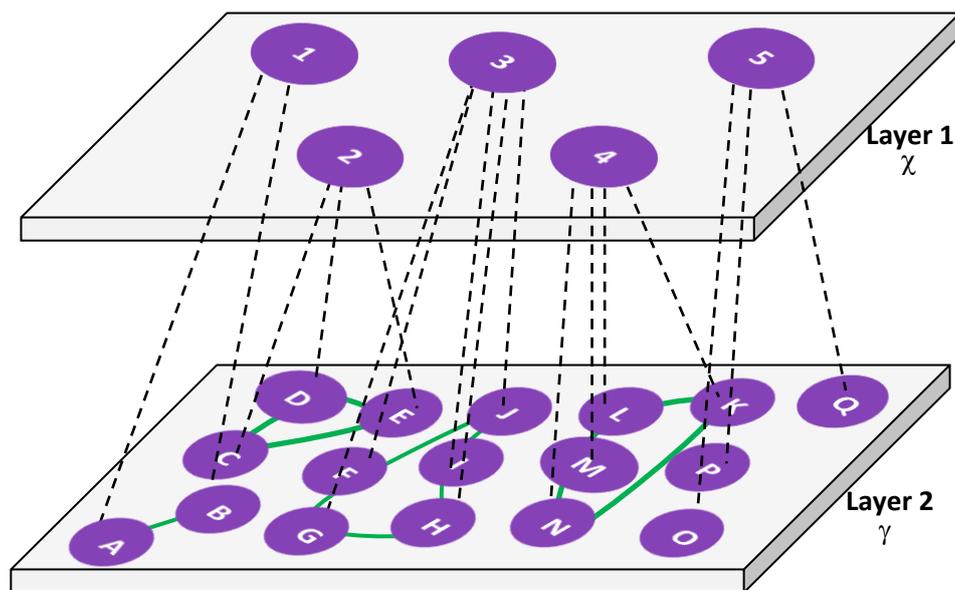


Figura 2.1 Representação esquemática de uma *multilayer network*

Fonte: Elaboração Própria

De notar a importância de definir o conjunto de proprietários. No caso, proprietários com apenas um terreno na sua posse não demonstra ser benéfico para o problema, visto que, se ocorresse uma troca de terrenos, esta não demonstra ter influência na fragmentação do território. Assim sendo, o foco deste problema assenta apenas num conjunto de proprietários com mais que uma propriedade adjacente.

Contudo, além de se considerar proprietários que dispõem mais do que uma propriedade, é igualmente necessário avaliar os terrenos candidatos à troca. Para esta avaliação, as variáveis a se considerar consiste na sua área média e na distância das propriedades entre si.

2.4.2. Algoritmos adequados no contexto do problema

Diversos algoritmos podem ser utilizados para na resolução de problemas de otimização, dependendo da natureza e complexidade do problema. Entre as abordagens estudadas, pretendeu-se trabalhar com um algoritmo onde calculasse a área média das parcelas com o mesmo proprietário e, posteriormente, com um que efetuasse a troca de propriedades com base na identificação de proprietários com áreas médias semelhantes.

O uso destes algoritmos e o desenvolvimento deste estudo causam um impacto significativo para a gestão territorial, sobretudo em regiões com características geográficas e socioeconómicas específicas, como os Açores. A aplicação de métodos de otimização em grande escala, com o objetivo de promover uma distribuição equilibrada e eficiente de propriedades, influencia a gestão territorial em diversos fatores, tais como:

- a otimização do uso do solo, pois o modelo criado contribui para a otimização do uso do solo, permitindo que áreas com múltiplos terrenos de pequeno porte sejam agrupadas e redistribuídas de forma a aumentar o tamanho das unidades e otimizar o seu planeamento. Em áreas rurais, onde a fragmentação do território é comum, esta otimização evita o subaproveitamento do solo, contribuindo para o desenvolvimento agrícola, pecuário ou turísticos;
- a eficiência na gestão de propriedades, com a aplicação de algoritmos que identificam e agrupam propriedades adjacentes, os proprietários conseguem visualizar de forma consolidada e otimizada os seus ativos territoriais. O ordenamento do território é particularmente importante para o desenvolvimento de políticas de incentivo ao uso eficiente do solo, assim como para a definição de zonas de proteção ambiental;

- a redução de conflitos de propriedade e uso do solo, a distribuição otimizada e o agrupamento de propriedades também permitem contribuir para a redução de conflitos territoriais entre proprietários e órgãos governamentais.
- a sustentabilidade e preservação ambiental através da utilização de algoritmos para identificar e distribuir terrenos, possibilita uma visão mais estratégica sobre o impacto ambiental da ocupação territorial, devido à união de propriedades adjacentes e a distribuição planeada permitem a preservação de áreas de importância ecológica, promovendo a utilização sustentável do território e minimizando os danos ambientais.
- o planeamento territorial mais eficaz, o estudo fornece uma base de dados precisa e algoritmos que orientam o planeamento urbano e rural de forma eficiente. A distribuição homogénea e a análise de ocupação do solo facilitam a implementação de políticas habitacionais, comerciais e de infraestrutura, assegurando que novas construções e empreendimentos sejam desenvolvidos de forma organizada, considerando a expansão territorial quanto a preservação de áreas naturais e rurais.

2.5. As fontes de dados e a sua acessibilidade

O Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas (IFAP) é um instituto público de regime especial, criado após a extinção do Instituto de Financiamento e Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura e Pescas (IFADAP) e do Instituto Nacional de Intervenção e Garantia Agrícola (INGA)[7], através do *Decreto-Lei n.º 87/2007* onde menciona a sua criação e define a sua autonomia, missão, atribuições e estrutura organizacional. Este decreto refere ainda as normas a cumprir para a aprovação, até 90 dias, dos regulamentos internos após a entrada em vigor do decreto que foi promulgado em fevereiro de 2007 e estabelece a supervisão do Ministério da Agricultura e das Finanças sobre o instituto. [17]

Posteriormente, este organismo foi reestruturado segundo o *Decreto-Lei n.º 195/2012*, que estabelece diretrizes para a reforma da Administração Pública em Portugal, com o objetivo de aumentar a eficiência e reduzir despesas. O governo propõe a reorganização das estruturas do Estado, de forma a otimizar a utilização de recursos e eliminar redundâncias. Esta reestruturação permite ao instituto promover uma maior coerência e capacidade de resposta ao desempenho das funções que deve assegurar e reduzir substancialmente os custos de funcionamento da administração, pois esta medida faz parte de um esforço mais amplo de

reforma da Administração Pública em Portugal, visando otimizar a utilização de recursos e melhorar a eficiência e eficácia dos serviços prestados. [18]

De maneira a otimizar, simplificar e melhorar a gestão dos subsídios e apoios financeiros concedidos aos setores agrícolas, o IFAP desenvolveu uma plataforma de gestão interna e de serviços online denominada Sistema de Informação do IFAP (iSIP).

2.5.1. iSIP como fonte de dados

O iSIP é um sistema informático utilizado pelo IFAP para ferir, processar e monitorar candidaturas e pagamentos dos subsídios e apoios financeiros, permite ainda a gestão documental e serve como canal de comunicação onde permite aos utilizadores receber notificações e mensagens oficiais do IFAP sobre o estado das suas candidaturas e/ou outras informações relevantes. O sistema é constituído por uma base de dados georreferenciados, utilizada para o controlo anual das agrícolas e das práticas agrícolas, para a atualização da base de dados e permitir aos agricultores confirmar ou refutar os dados recolhidos. Inclui informação sobre condicionantes legais, medidas agro-ambientais e eco-regimes, bem como informação relevante para a gestão da propriedade rural.

Este sistema “tem como objetivo a identificação do limite das parcelas e das explorações agrícolas, às quais é atribuído um número único, assim como a delimitação e classificação das ocupações de solo, permitindo a apresentação de candidaturas a Ajudas Comunitárias e a execução de Ações de Controlo” [19].

O Sistema de Informação Parcelar está integrado com outras plataforma e sistemas do governo português e da União Europeia, facilitando a partilha de dados e a conformidade com normas e regulamentos, especialmente aqueles ligados à Política Agrícola Comum (PAC) da União Europeia.

De acordo, com a regulamentação europeia, um sistema de identificação das parcelas agrícolas deve se definir como parcela de referência e “incluir informações que permitam o intercâmbio de dados com o pedido geoespacial de ajuda (...) e com o sistema de vigilância de superfícies (...)”. Assim sendo, o iSIP segue os parâmetros estabelecidos pelo regulamento, classificando-se como “parcela de referência” [20].

A fonte de dados utilizada no âmbito de desenvolvido do projeto foi acedida através da versão pública do sistema de Identificação do Parcelar, onde foi permitido consultar parcelas identificadas, ocupações do solo e orto imagens. Contudo, esta versão não inclui dados referentes aos beneficiários.

CAPÍTULO 3

Metodologia

Este capítulo destina-se à explicação da metodologia utilizada durante o desenvolvimento do projeto.

Na secção 3.1. é compreendido o problema sinalizado explicando o propósito do estudo. Na secção 3.2. é interpretada a base de dados. Por sua vez, a secção 3.3. destina-se à preparação dos dados, onde é explicado os algoritmos aplicados para a solução do problema. A secção 3.4. apresenta a modelação.

3.1. Compreensão do Negócio

A primeira fase da metodologia CRISP-DM é a Compreensão do Negócio. Nesta fase, considera-se importante o conhecimento profundo das necessidades do negócio para a definição dos objetivos e do que será avaliado, no contexto do problema.

Portugal atualmente enfrenta um grande problema com a desertificação do território, devido à migração da população para as grandes cidades, acabando por criar um desequilíbrio territorial entre das zonas urbanas e rurais.

Desta forma, o foco do projeto assenta na proposta de uma solução para o combate desta fragmentação territorial, surgindo como uma resposta possível para o equilíbrio dos recursos entre as zonas urbanas e rurais. O objetivo do projeto consiste em otimizar a organização espacial de propriedades, minimizando a distância entre os centros dos territórios e equilibrando as áreas, pois é necessário assegurar que as propriedades trocadas entre proprietários possuam tamanhos semelhantes e se encontrem a curtas distâncias entre si.

Contudo, entende-se como desafio, garantir a equidade na distribuição dos territórios pelos proprietários, considerando as características dos polígonos, tais como, área e forma.

Consequentemente, a utilização de inteligência artificial no contexto do problema, permite obter resultados mais eficientes e rápidos. Para isso, é aplicado técnicas de otimização para identificar combinações de trocas que satisfaçam os critérios definidos, como a semelhança de áreas entre as mesmas.

3.2. Compreensão dos dados

A segunda fase da metodologia CRISP-DM corresponde à Compreensão dos dados, é essencial para garantir a qualidade do conjunto de dados selecionado é adequada para a análise.

Para a interpretação das variáveis, utiliza-se o DB Browser for SQLite para a visualização da base de dados extraída da plataforma online de acesso público iSIP disponível no *website* do IFAP. Com o carregamento da base de dados no DB Browser for SQLite identificou-se que este possui o formato GeoPackage (.gpkg) e não existe qualquer informação relativamente aos proprietários de cada propriedade. Porém, com a visualização da base de dados, verifica-se 28 tabelas onde 20 se agrupam em quatro diferentes camadas:

- Açores Grupo Ocidental
 - Açores_Grupo_Ocidental;
 - rtree_Açores_Grupo_Ocidental_geometry;
 - rtree_Açores_Grupo_Ocidental_geometry_node;
 - rtree_Açores_Grupo_Ocidental_geometry_parent;
 - rtree_Açores_Grupo_Ocidental_geometry_rowid;
- Ocupações do Solo
 - cupacoes_solo_az_oc;
 - rtree_cupacoes_solo_az_oc_geom;
 - rtree_cupacoes_solo_az_oc_geom_node;
 - rtree_cupacoes_solo_az_oc_geom_parent;
 - rtree_cupacoes_solo_az_oc_geom_rowid;
- Culturas
 - Culturas_az_oc;
 - rtree_Culturas_az_oc_geom;
 - rtree_Culturas_az_oc_geom_node;
 - rtree_Culturas_az_oc_geom_parent;
 - rtree_Culturas_az_oc_geom_rowid;
- Parcelas
 - Parcelas_az_oc;
 - rtree_Parcels_az_oc_geom;
 - rtree_Parcels_az_oc_geom_node;
 - rtree_Parcels_az_oc_geom_parent;
 - rtree_Parcels_az_oc_geom_rowid.

As tabelas `cupacoes_solo_az_oc`, `Parcelas_az_oc` e `Culturas_az_oc` são consideradas as tabelas principais onde armazenam dados geoespaciais das propriedades, tais como localização,

perímetro, área, identificadores e, no caso das tabelas `cupacoes_solo_az_oc` e `Culturas_az_oc` contém a descrição do solo.

Enquanto as restantes tabelas das camadas descritas formam uma estrutura R-Tree associadas às devidas tabelas principais. Com essa estrutura de índice espacial é possível otimizar consultas geográficas, como encontrar a interseção entre propriedades e a sua área.

Na base de dados extraída é possível ainda identificar 8 tabelas que não pertencem a nenhuma das 4 camadas mencionadas anteriormente, porém classificam-se como metadados essenciais para o funcionamento de um GeoPackage. Estas tabelas armazenam informações sobre os dados geoespaciais, os sistemas de referência, extensões e configurações para *layers* espaciais e *raster*.

A camada de dados `Parcelas_az_oc` possui variáveis que permite a análise detalhada para a realização do objetivo do projeto, sendo a mais indicada para a realização do estudo, estando representada na figura 3.1.

A coluna “geom” contém informação geoespacial com dados no BLOB (binário) que permite a localizar as propriedades no mapa. A coluna “PAR_ID” é o identificador para parcelas de território. A variável “FID” é um identificador exclusivo atribuído a cada linha da tabela. As colunas “Shape_Length” e “Shape_Area” indicam dimensões geoespaciais que permite compreender o comprimento e área da propriedade, respectivamente.

Name	Type	Schema
Parcelas_az_oc		CREATE TABLE "Parcelas_az_oc" ("fid" INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT NO
fid	INTEGER	"fid" INTEGER NOT NULL
geom	MULTIPOLYGON	"geom" MULTIPOLYGON
OBJECTID	INTEGER	"OBJECTID" INTEGER
PAR_ID	REAL	"PAR_ID" REAL
PAR_NUM	TEXT(13)	"PAR_NUM" TEXT(13)
Shape_Length	REAL	"Shape_Length" REAL
Shape_Area	REAL	"Shape_Area" REAL

Figura 3.1 Ilustração da tabela `Parcelas_az_oc` no SQLite

Fonte: Elaboração própria

3.3. Preparação dos Dados

A terceira etapa do CRISP-DM é fundamental para se obter resultados consistentes e válidos, designa-se à seleção, limpeza e organização dos dados. Para a análise foi utilizado o Jupyter Notebook, como ferramenta crucial para a preparação dos dados e desenvolvimento do problema.

3.3.1. Seleção dos Dados

A tabela `Parcelas_az_oc` foi a selecionada para o estudo do projeto, uma vez que fornece informação relativamente às parcelas de território. As colunas “`Shape_Length`”, “`Shape_Area`” e “`geometry`” possuem informação geográfica das propriedades, relativamente ao comprimento, área e geometria geoespacial, que permite o desenvolvimento do objetivo.

Os objetos identificados em azul dentro das ilhas Corvo e Flores, representados na figura 3.2, consistem em propriedades representadas por polígonos, tendo sido identificado 4.859 polígonos.



Figura 3.2 Mapa das ilhas Corvo e das Flores, localizadas no Arquipélago dos Açores

Fonte: Elaboração própria

3.3.2. Limpeza dos Dados

No que toca à limpeza dos dados, efetua-se a análise dos valores nulos e dos registos duplicados. Durante esta análise, é possível verificar que não foram identificados quaisquer valores nulos ou duplicados na base de dados, de modo que não foi necessário efetuar a sua limpeza.

3.4. Modelação

O objetivo desta etapa consiste no desenvolvimento de métodos eficazes para otimizar a troca de propriedades dentro da região ocidental dos Açores, com foco em minimizar os custos de

troca, considerando fatores como a proximidade geográfica, similaridade de características entre as propriedades e a distribuição dentro de *clusters*.

3.4.1. Técnicas e algoritmos aplicados

Para a elaboração da modelação, foram implementados três cenários diferentes potenciais para atribuir proprietários a parcelas de terrenos de forma aleatória e analisar a distribuição do número de terrenos por proprietário. O número total de propriedades foi calculado baseado nos dados fornecidos. A atribuição de proprietários foi desenvolvida uma função para cada um dos cenários que distribui os terrenos de maneira aleatória entre proprietários, considerando em cada cenário, uma média pré-estabelecida de terrenos por proprietário.

Na coluna 'geometry', identificou-se que a base de dados continha propriedades fragmentadas; por essa razão, filtrou-se apenas os polígonos que representam propriedades não fragmentadas. Uma propriedade fragmentada ocorre quando um terreno é dividido em múltiplos polígonos, em vez de formar um único, devido à presença de barreiras físicas como estradas, lagos ou outras delimitações. Desta forma, cada propriedade fragmentada é representada como um multipolígono.

Para o desenvolvimento deste estudo, optou-se por utilizar apenas os polígonos não fragmentados, a fim de obter uma base de dados coesa para o desenvolvimento das análises, identificando 4841 propriedades classificadas por polígonos não fragmentados.

Cenário 1: Média de 10 propriedades por proprietário

A função de otimização definida distribuiu aleatoriamente a quantidade de propriedades a cada proprietário, dentro de um intervalo de 10 terrenos que varia em torno dessa média, apresentando um desvio padrão de 3. Cada proprietário recebe uma quantidade de terrenos até que todas as propriedades sejam distribuídas.

Para a visualização gráfica dos dados considerou-se uma amostra reduzida de apenas 20 propriedades, de modo a representar uma distribuição simplificada do número de terrenos por proprietários, em vez de incluir o total de 4.841 propriedades filtradas. Assim sendo, realizou-se uma contagem do número de terrenos por proprietário, como é possível verificar na figura 3.3.

A figura 3.3 ilustra um gráfico de distribuição da quantidade de terrenos por proprietário, evidenciando a variação e a frequência dessa distribuição.

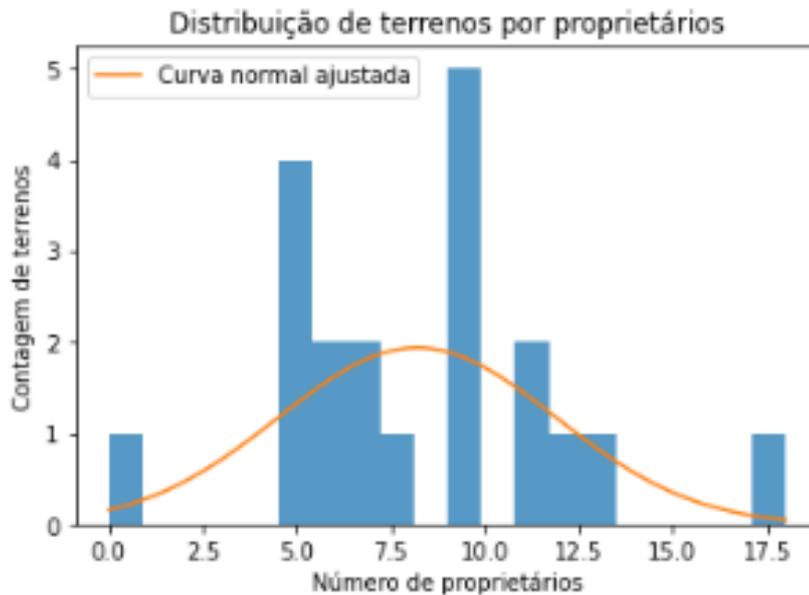


Figura 3.3 Distribuição normal de, em média, 10 terrenos por proprietário

Fonte: Elaboração própria

Após a distribuição das propriedades feita, são feitos ajustes para assegurar que o número total de terrenos distribuídos corresponda exatamente à quantidade de 4.841 parcelas disponíveis, corrigindo eventuais excessos ou défices de terrenos alocados.

Este método é útil em contextos em que se deseja simular uma divisão realista de terrenos entre proprietários, preservando a integridade dos dados e ajustando o número de terrenos por proprietário através de duas formas: aumentando o número de terrenos atribuídos a um proprietário em casos de déficit ou diminuindo em caso de excesso. Essa verificação e alteração foram essenciais para garantir que não haja discrepâncias entre o número de terrenos simulados e o total de parcelas, mantendo a coerência do modelo.

Para determinar a área média das propriedades de cada proprietário, os polígonos (representando terrenos) atribuídos a um proprietário são agrupados, no caso de dois ou mais terrenos adjacentes sejam identificados, eles são unidos numa única entidade geométrica. Este agrupamento de polígonos adjacentes evita a contagem duplicada de áreas que, de outra forma,

poderiam distorcer o cálculo da área média. A soma das áreas das propriedades de cada proprietário é dividida pelo número de terrenos únicos para obter a área média.

De seguida, pretende-se efetuar a otimização através da troca de propriedades de forma equitativa, para isso, optou-se pela análise de duas abordagens diferentes para compreender qual será a mais indicada para atingir uma distribuição mais homogénea de áreas médias entre proprietários.

Na primeira abordagem, a seleção de proprietários para troca é feita de forma aleatória, sem considerar a similaridade das áreas médias entre os proprietários escolhidos. Após esta seleção, é possível verificar-se a proximidade das áreas médias para decidir se a troca será realizada, levando em conta o valor percentual de tolerância predefinido, sendo este 10%.

Numa segunda abordagem, a seleção dos proprietários consiste na identificação daquelas com áreas médias mais próximas entre si, efetuando assim a troca entre os mesmos, com o objetivo de reduzir a variância entre os valores. Esse método exclui a necessidade de verificar a tolerância, uma vez que a seleção de proprietários foi efetuada com base na semelhança das áreas médias.

Durante o processo de troca, uma propriedade de cada proprietário é selecionada aleatoriamente e os identificadores de propriedade são trocados. Após de se efetuar a troca, as novas áreas médias são recalculadas para verificar se as mudanças resultaram numa distribuição mais homogénea.

Cenário 2: *Média de 2 propriedades por proprietário*

Para simular a distribuição de terrenos entre proprietários, realizou-se uma análise estatística sobre a distribuição normal do número de terrenos, considerando novamente uma amostra de 20 propriedades, com uma média de 2 e um desvio padrão igual a 1, apropriada para a dispersão dos valores em torno da média indicada. Estes parâmetros refletem a suposição de que, em média, cada proprietário possui cerca de dois terrenos, mantendo uma média aproximada de 2 terrenos por proprietário.

Como é possível verificar na figura 3.4, para a visualização dos dados escolheu-se um histograma que apresenta a contagem de terrenos para diferentes faixas de valores, de modo a observar a distribuição dos terrenos pelos proprietários. Para complementar o histograma, utilizou-se uma curva de distribuição normal ajustada, que foi sobreposta à distribuição empírica dos dados. Esta curva tem por objetivo ser uma aproximação teórica da distribuição, baseando-se na média e no desvio padrão calculado.

Fonte: Elaboração própria

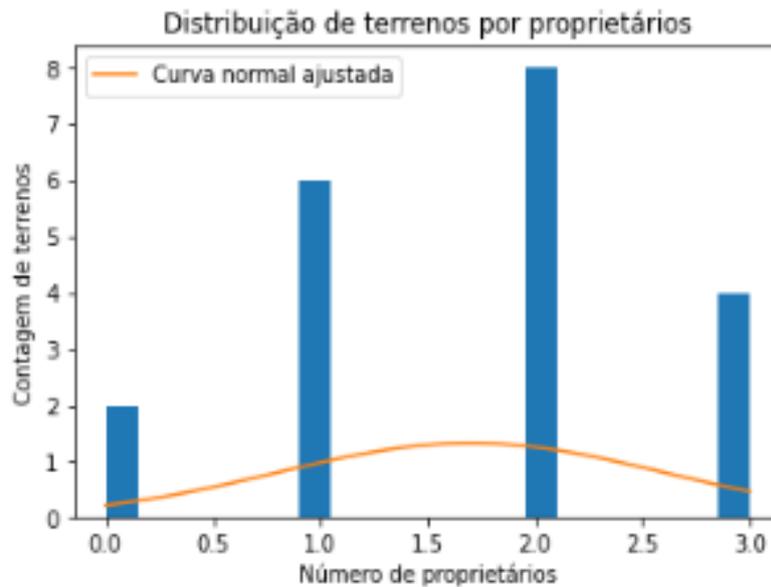


Figura 3.4 Distribuição normal de, em média, 2 terrenos por proprietário

Assim como no cenário 1, após ser efetuada a distribuição, os dados são ajustados de modo a garantir que o número total de terrenos distribuídos equivale ao número total de parcelas presentes na base de dados.

Para o cálculo da área média, o método é idêntico ao utilizado no cenário 1. As propriedades atribuídas a cada proprietário são agrupadas se se verificar adjacência entre elas, de modo a evitar a contagem duplicada de áreas e alcançar um cálculo da área média válido.

O algoritmo de otimização para a troca de propriedades é aplicado, de modo a corrigir desequilíbrios na distribuição de áreas entre proprietários. O foco da utilização do algoritmo consiste na realização de uma série de trocas de terrenos entre proprietários, com o objetivo de minimizar a diferença entre a área média de cada proprietário. Consequentemente, estas trocas são direcionadas para compensar variações, transferindo áreas entre proprietários que se encontram acima ou abaixo da média.

Duas abordagens distintas foram adotadas para implementar o algoritmo de otimização. Na primeira abordagem, as trocas são realizadas sequencialmente, onde se identifica proprietários com áreas abaixo da média e tenta equilibrá-las com proprietários com áreas maiores. Assim

sendo, este procedimento permite um ajuste gradual e controlado, sendo indicado para corrigir pequenos desvios e manter a distribuição estável.

Na segunda abordagem, adota-se uma troca baseada numa análise mais ampla da distribuição das áreas, onde é feita uma priorização para otimizar o número total de trocas e a redução do desvio padrão em relação à média. Esta abordagem contém bastantes vantagens no contexto de situações onde há um desequilíbrio mais acentuado, pois permite ajustes mais amplos e estratégicos, minimizando o número de trocas necessárias e atingindo um equilíbrio de forma eficiente.

Cenário 3: Média de 25 terrenos por proprietário

Desta vez, foi efetuada uma simulação com uma distribuição aleatória com uma média de 25 propriedades por proprietário, de maneira que todos os proprietários possuam aproximadamente a mesma quantidade de terrenos.

Assim como verificado na figura 3.5, optou-se também por um histograma para a representação gráfica da distribuição normal das propriedades, apresentando a contagem de terrenos para diferentes valores.

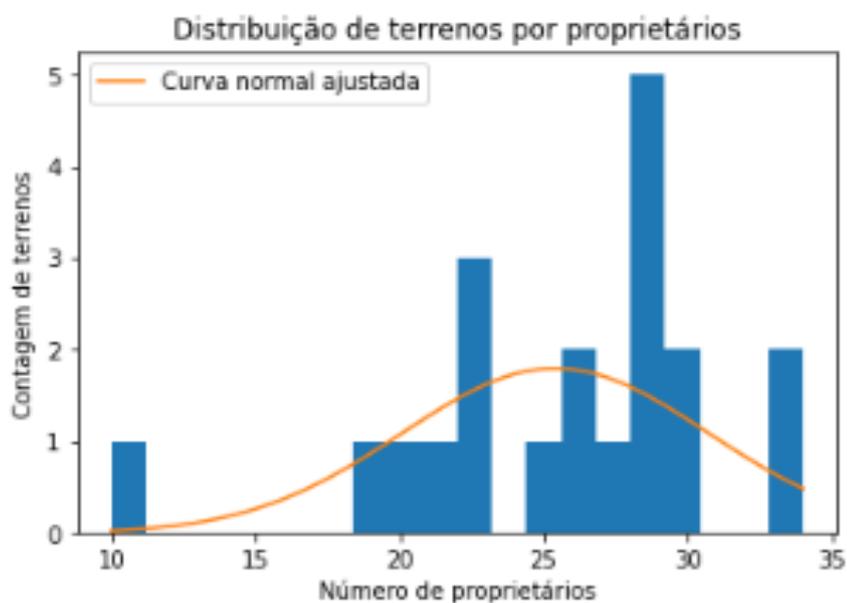


Figura 3.5 Distribuição normal de, em média, 25 terrenos por proprietário

Fonte: Elaboração própria

Após a distribuição normal das propriedades, efetua-se a análise da área média, onde o seu cálculo consiste na soma das áreas das propriedades de cada proprietário é dividida pelo número de terrenos. Contudo, é necessário identificar os terrenos adjacentes e uni-los numa única entidade geométrica.

A otimização da troca de propriedades pretende ser equitativa, optando-se pela análise de duas abordagens diferentes para compreender qual a mais indicada para a troca válida e de áreas médias homogêneas entre proprietários, seguindo o padrão dos cenários 1 e 2.

Assim como verificado nos cenários anteriores, a seleção de proprietários para a primeira abordagem é efetuada de forma aleatória, sem considerar a semelhança das áreas médias para a escolha dos proprietários. Após a seleção, verifica-se a proximidade das áreas médias efetuando a sua troca, caso se aplique, considerando o valor percentual de tolerância de 10%.

Por sua vez, na segunda abordagem, a seleção dos proprietários consiste na identificação de propriedades com áreas médias semelhantes, efetuando a troca entre os mesmos, de modo a impedir que os valores variem, não sendo necessário verificar a tolerância.

CAPÍTULO 4

Interpretação dos resultados

4.1. Avaliação dos modelos

Esta fase de avaliação foca-se na interpretação e aprovação dos resultados dos modelos adotados no âmbito do desenvolvimento do estudo.

No caso do cenário 1, verifica-se que na primeira abordagem a escolha aleatória frequentemente seleciona pares com áreas médias discrepantes, resultando em rejeições sucessivas antes de encontrar um par adequado para troca. Esse processo reduz a eficiência do algoritmo, uma vez que um número significativo de tentativas resulta em trocas pouco eficientes.

Assim sendo, apenas foram realizadas 20 trocas de propriedades no total, o que evidencia a limitação dessa abordagem para cenários onde o objetivo é equilibrar as áreas médias das propriedades trocadas.

Na segunda abordagem, o método utilizado é mais eficiente, resultando um total de 9.660 trocas, mostrando-se eficaz para atingir um alto nível de homogeneidade na distribuição de áreas. A ordenação prévia facilita trocas rápidas e sistemáticas entre os pares mais adequados, reduzindo o número de tentativas falhadas.

Desta forma, a abordagem maximiza o número de trocas válidas, o que contribui para uma convergência eficaz para o equilíbrio de áreas. No entanto, este procedimento pode restringir a exploração de combinações mais variadas de trocas, possivelmente limitando a descoberta de soluções menos convencionais podendo resultar numa distribuição ainda mais equilibrada.

Logo, a abordagem 2 demonstra uma eficiência significativamente superior, com alto volume de trocas e menos rejeições, sendo indicada para o contexto do problema onde o objetivo é otimizar a troca de propriedades através do equilíbrio da distribuição das áreas médias. Porém, como a seleção é focada pela proximidade das áreas médias, há um risco potencial da distribuição que seja equilibrada, mas poderá não explorar o máximo de probabilidades de redistribuição.

No cenário 2, as abordagens adotadas incluíram ajustes estatísticos, como a distribuição aleatória e a normalização dos dados para garantir que a soma total de terrenos atribuídos não ultrapassasse o número disponível de parcelas.

Na primeira abordagem, verificasse novamente um valor total de 20 propriedades trocadas, porém, ao contrário do que foi verificado no cenário 1, apesar da escolha aleatória de

proprietários, o algoritmo selecionou pares com áreas médias semelhantes, efetuando trocas entre si, porém evidencia-se a limitação que este algoritmo possui.

Na segunda abordagem, o resultado do valor total de propriedades é 48.380, sendo então este método mais eficiente, pois o algoritmo efetua a seleção de proprietários com base na semelhança das áreas média das suas propriedades. Esta abordagem contém bastantes vantagens no contexto de situações onde há um desequilíbrio mais acentuado, pois permite ajustes mais amplos e estratégicos, minimizando o número de trocas necessárias e atingindo um equilíbrio de forma eficiente.

Por último, no cenário 3, as mesmas duas abordagens adotadas nos cenários anteriores foram aplicadas para este cenário. Na primeira abordagem, a escolha aleatória seleciona pares com áreas médias, sem considerar a semelhança entre eles, que se traduziu em rejeições sucessivas antes de encontrar um par adequado para a troca. Assim sendo, o processo reduz a eficiência do algoritmo, uma vez que limita significativamente o número de resultados obtidos, pois o número total de trocas realizadas é 20.

Por outro lado, a segunda abordagem efetua a seleção de proprietários com base na semelhança de área média das suas propriedades, verificou-se 3.840 trocas como resultado, após a aplicação do algoritmo.

Desta forma, confirma-se que, devido aos resultados obtidos em ambas as abordagens, a segunda abordagem é a mais adequada e eficiente ao problema estudado.

Adicionalmente, ao comparar os resultados das trocas exercidas na segunda abordagem de cada cenário, observa-se que o cenário 2 apresentou um número significativamente maior de trocas possíveis (48.380) em relação aos demais cenários (cenário 1: 9.660 e cenário 3: 3.840), como se verifica na figura 4.1. Assim, conclui-se que o algoritmo demonstra um melhor desempenho em situações com um grande número de proprietários, cada um possuindo apenas duas propriedades, o que aumenta a quantidade de trocas possíveis.

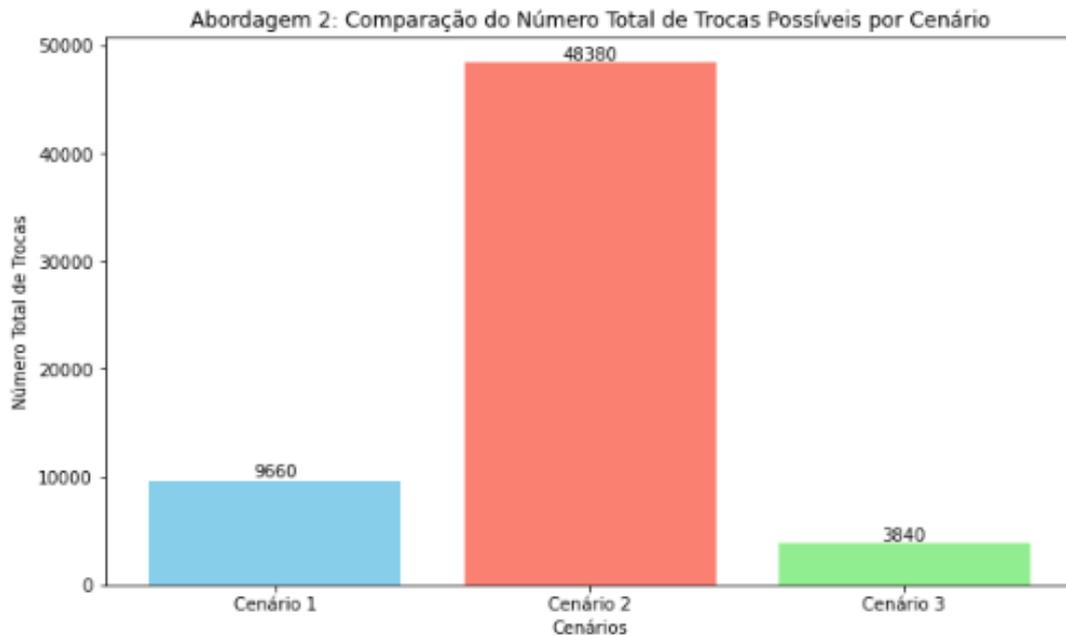


Figura 4.1 Representação gráfica das trocas de propriedades possíveis por cenário

Fonte: Elaboração própria

Porém, este projeto pretende encontrar a solução ideal para o problema, aplicando um algoritmo capaz de rastrear todas as trocas de propriedades possíveis a serem efetuadas, de forma a que os proprietários obtenham terrenos com áreas médias semelhantes. Deste modo, as trocas são efetuadas com base nas propriedades que melhor atendem à métrica estabelecida, resultando nos valores de 452 trocas para o cenário 1, 2.372 no cenário 2 e 179 para o cenário 3, assim como pode ser verificado na figura 4.2.

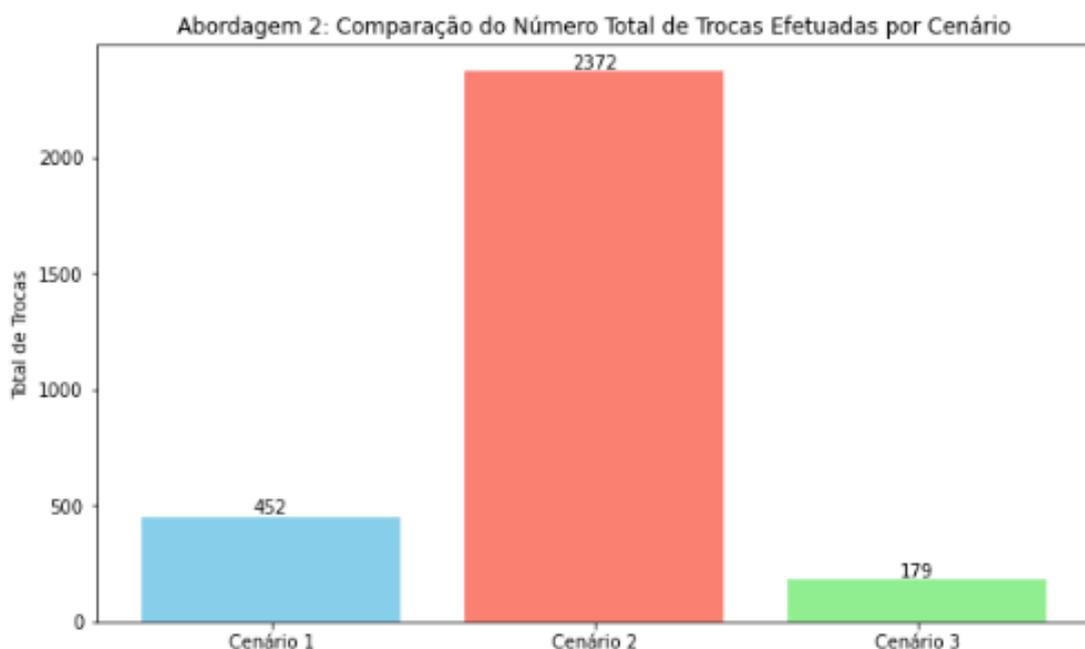


Figura 4.2 Representação gráfica do número de trocas efetuadas por cenário

Fonte: Elaboração própria

4.2. Implementação

O procedimento foi implementado para a realizar as trocas automatizada de propriedades, respeitando a tolerância estipulada para as diferenças de áreas médias. Desta forma, através da análise das distribuições de terrenos e da execução das trocas, a sua implementação gerou um modelo adaptável a outras regiões e cenários, promovendo a aplicabilidade em contextos geográficos de forma a contribuir para a tomada de decisões na gestão territorial.

Assim sendo, a metodologia adotada demonstra-se apropriada para garantir uma distribuição equitativa de terrenos entre proprietários, oferecendo uma solução prática e escalável para a gestão de territórios nos Açores e/ou em regiões como desafios territoriais semelhantes.

CAPÍTULO 5

Conclusão

5.1. Conclusão do Problema

O presente projeto fornece uma compreensão detalhada da estrutura fundiária na região ocidental dos Açores, destacando os desafios e as oportunidades associados à fragmentação de terrenos. Desta forma, este estudo teve como objetivo apresentar uma solução tecnológica contribuindo para a gestão inteligente do território.

Para o desenvolvimento do projeto, começou-se por aprofundar o tema de estudo: a aplicação de inteligência artificial na gestão do território, sendo desenvolvido no segundo capítulo denominado revisão de literatura.

O projeto seguiu a metodologia CRISP-DM. Esta metodologia identificou-se como a mais indicada para a gestão do projeto, pois permite delinear etapas, aprimorar o conhecimento do negócio e avaliar o projeto.

Com base nos resultados obtidos, é possível responder às perguntas de investigação mencionadas na seção 1.4.

A aplicação de algoritmos de otimização para garantir que propriedades com uma área média semelhante possam promover uma gestão inteligente do território: na eficiência no uso do solo, facilitando a criação de zonas homogêneas de modo a otimizar o uso de infraestruturas e recursos; na logística e infraestrutura, ao agrupar propriedades de tamanho semelhantes melhora a distribuição de serviços; na redução de conflitos de uso do solo, minimiza incompatibilidades entre diferentes usos favorecendo o equilíbrio do zonamento das terras; na gestão ambiental, onde facilita a criação de corredores ecológicos, controle de práticas agrícolas e projetos de conservação ambiental; auxilia na implementação de políticas territoriais, promovendo desenvolvimento sustentável e racionalização do espaço urbano e rural; e, ainda, ao agrupar propriedades semelhantes fortalece comunidades com necessidades comuns, favorecendo uma distribuição mais equilibrada do território.

O cálculo das áreas médias e a troca controlada de propriedades são fundamentais para entender a distribuição espacial de terrenos em contextos reais, sendo a área média utilizada como métrica na avaliação das propriedades selecionadas para a troca. Esse processo permite identificar desequilíbrios entre estes, obrigando a ajustar a alocação para refletir uma distribuição equitativa. Este método impacta a aplicação das políticas de gestão territorial, ajustando a garantir uma distribuição justa e equilibrada de recursos fundiários entre os proprietários.

A análise da distribuição de terrenos por proprietário e a identificação das interseções entre parcelas fornecem informações úteis para o desenvolvimento de políticas de uso do solo que promovam a consolidação de propriedades, a cooperação entre proprietários e o uso sustentável dos recursos. As ferramentas e os métodos aplicados podem ser adaptados para outras regiões e servir de modelo para estudos futuros que procuram compreender e gerir melhor as propriedades e o uso do solo em contextos de fragmentação fundiária.

Adicionalmente, a redistribuição dos terrenos através da possibilidade de duas abordagens distintas: escolha aleatória com verificação de semelhança de áreas e a escolha considerando a semelhança de áreas médias. Assim como verificado, a segunda abordagem demonstra ser a mais eficiente para minimizar a variação de tamanho das propriedades, pois esta ordena os proprietários pela sua área média de terrenos e realiza trocas entre aqueles que apresentam áreas médias próximas, minimizando assim a disparidade de tamanhos. Após cada troca, reavalia-se a área média de forma a assegurar que a troca resultou numa diminuição ou manutenção da variação desejada.

Assim sendo, os algoritmos de otimização utilizados para o contexto do problema classificam-se por um algoritmo de troca de propriedades com base na semelhança de áreas, a abordagem de troca aleatória controlada e a unificação de polígonos adjacentes.

O algoritmo de troca de propriedades com base na semelhança de áreas seleciona pares de proprietários com áreas médias próximas, de modo a minimizar a diferença entre os tamanhos das propriedades, utilizando uma função de verificação de semelhança de áreas antes de realizar as trocas, tendo em consideração uma tolerância de 10%.

A abordagem de troca aleatória controlada consiste na seleção de dois proprietários aleatoriamente e as suas trocas apenas ocorrem caso as áreas médias dos terrenos de ambos forem semelhantes, considerando uma margem de tolerância. Assim, é possível ajustar as áreas médias para reduzir a variação de tamanho e fazer trocas condicionais para otimizar a distribuição.

Auxiliariamente, para proprietários que possuem terrenos adjacentes, o algoritmo agrupa esses terrenos para que a média da área seja calculada considerando terrenos contínuos como uma só propriedade, reduzindo a variação dentro da distribuição de áreas.

Com os resultados obtidos no desenvolvimento do estudo, é possível responder a uma outra pergunta de investigação salientada de início, sendo esta “Como agrupar terrenos com base na sua semelhança geográfica?”. Para agrupar terrenos considerando a sua semelhança, utilizou-se técnicas de análise espacial, incluindo o cálculo de interseções entre polígonos e a união de

áreas adjacentes. Os métodos utilizados neste âmbito definem-se pela verificação de interseções geométricas e a união de polígonos adjacentes.

Adicionalmente, a última pergunta de investigação enfatizada no âmbito do estudo consiste no entendimento de como avaliar a qualidade de diferentes configurações territoriais. Para a avaliação destas configurações, foram elaboradas métricas e métodos de comparação de áreas médias e variação entre terrenos, considerando a distribuição entre proprietários através da homogeneidade de áreas medida pelo desvio padrão das áreas dos terrenos, onde quanto menor a variação, melhor a configuração; da proximidade geográfica estudando as configurações com terrenos adjacentes para o mesmo proprietário, de modo a reduzir a fragmentação e facilitar o planeamento do uso do solo; do equilíbrio entre proprietários alcançando um balanço positivo aquando as áreas médias entre proprietário são semelhantes indicando uma distribuição ajustada; e, por fim, da redução de interseções onde menos interseções entre terrenos não adjacentes de um mesmo proprietário indicam uma menor fragmentação e maior coesão territorial.

Em conclusão, com este estudo as informações obtidas são essenciais para o ordenamento urbanos, pois fornecem dados práticos para a tomada de decisões que visem reduzir a fragmentação do território, melhorar a produtividade agrícola e proteger o meio ambiente na região.

5.2. Melhorias para Trabalhos Futuros

Para futuros trabalhos, sugere-se a utilização das ferramentas QGIS ou ArcGIS, apropriadas para a visualização dos dados geoespaciais a tempo real, que não foi possível explorar neste projeto devido à ausência de licenças. O acesso aos dados dos proprietários pode ser fundamental para a explorar de outros modelos funcionais ao problema de otimização.

O cálculo da distância média entre terrenos configura-se como uma métrica interessante para atingir o objetivo deste estudo, pois, ao ser desenvolvido, fornece uma medida adicional para a tomada de decisões na gestão territorial.

Referências Bibliográficas

- [1] Referência à Carta Europeia de Ordenamento do Território, aprovada pelo Conselho da Europa em 1983, FERNANDA PAULA OLIVEIRA, Direito do Urbanismo. Do Planeamento à Gestão, 3.ª Edição, Braga Aedrl, 2019, p. 11
- [2] <https://www.esri-portugal.pt/pt-pt/o-que-sao-os-sig/overview>
- [3] <https://www.dgadr.gov.pt/estruturacao-fundiaria/emparcelar-para-ordenar>
- [4] <https://egap.xunta.gal/revistas/REGAP/article/view/4631/6874>
- [5] PEREIRA, Margarida. Desafios contemporâneos do ordenamento do território: para uma governabilidade inteligente do (s) território (s). *Prospectiva e Planeamento*, 2009, 16: 77-102.
- [6] DE BEIRES, Rodrigo Sarmiento. O cadastro e a propriedade rústica em Portugal. 2013.
- [7] <https://www.ifap.pt/portal/quem-somos-o-ifap>
- [8] <https://ebupi.justica.gov.pt/Noticias/eBUPi-e-IFAP-assinam-protocolo-para-partilha-de-informacao-territorial>
- [9] CORREIA, Mafalda Maria Marques. Avaliação ambiental estratégica-aplicação aos planos municipais de ordenamento do território. 2010. PhD Thesis. Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- [10] PAPUDO, Rui Miguel. Indicadores de ordenamento do território: uma proposta metodológica. 2007. PhD Thesis.
- [11] MAFRA, Francisco; SILVA, J. Amado. Planeamento e gestão do território. Porto: Sociedade Portuguesa de Inovação, 2004.
- [12] <https://www.publico.pt/2016/06/29/culturaipsilon/noticia/arquitectura-1736784>
- [13] Kenneth C. Laudon, Jane Price Laudon. *Essentials of Management Information Systems: Managing the Digital Firm*, 2003
- [14] <https://www.dgadr.gov.pt/estruturacao-fundiaria/emparcelar-para-ordenar>
- [15] ALETA, Alberto; MORENO, Yamir. Multilayer networks in a nutshell. *Annual Review of Condensed Matter Physics*, v. 10, n. 1, p. 45-62, 2019.
- [16] ALQAHTANI, Ghazi D. et al. A computational comparison between optimization techniques for wells placement problem: Mathematical formulations, genetic algorithms and very fast simulated annealing. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, v. 2, n. 10, p. 59, 2014.
- [17] *Decreto-Lei n° 87/2007*
- [18] *Decreto-Lei n° 195/2012*

[19] <https://www.ifap.pt/portal/sip-informacao-basica>

[20] REGULAMENTO DELEGADO (UE) 2022/1172 DA COMISSÃO