



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

***APLICAÇÃO DE UM MODELO DE DIMENSIONAMENTO E SIMULAÇÃO DE
REDES DE REGA SOB PRESSÃO EM ARCMAP***

Sofia Nóbrega Soares Martins

Estágio para obtenção do Grau de Mestre em Geomática

Ramo de Ciências de Informação Geográfica

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Engenheiro Duarte Carreira – EDIA

Professor Rui Lança – Universidade do Algarve

2012/2013

***APLICAÇÃO DE UM MODELO DE DIMENSIONAMENTO E SIMULAÇÃO DE
REDES DE REGA SOB PRESSÃO EM ARCMAP***

DECLARAÇÃO DE AUTORIA DE TRABALHO

Declaro ser a autora deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Sofia Nóbrega Soares Martins

Copyright

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

A realização do presente trabalho só foi possível com a colaboração e apoio de várias pessoas, às quais gostaria de manifestar os meus agradecimentos, em particular:

Ao Engenheiro Duarte Carreira, colaborador da EDIA, pela sugestão deste tema, pela sua orientação e interesse que demonstrou na concretização deste estágio, e pelo tempo que disponibilizou ao longo da realização do mesmo.

Ao Departamento de Informação Geográfica e Cartografia, pelo apoio que demonstraram ao longo do decorrer do estágio.

Ao Engenheiro Pedro Fortes, criador da aplicação SIGOPRAM, por toda a disponibilidade e ajuda prestada.

Ao Professor Rui Lança, docente da Universidade do Algarve, pela sua disponibilidade, e por todas as sugestões transmitidas ao longo da concretização deste relatório de estágio.

À minha família, pelo apoio que me deram no desenrolar deste estágio e a todos os meus colegas e amigos, que sempre me apoiaram incondicionalmente.

Resumo

No âmbito da unidade curricular “Dissertação, Projeto ou Estágio” do mestrado em Geomática, é desenvolvido um estágio curricular com a duração de 86 dias (645 horas) na Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, SA (EDIA). Este estágio tem como objetivo principal fornecer a primeira experiência profissional na área dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitindo desenvolver e consolidar as competências adquiridas ao longo do curso.

Este relatório de estágio tem como finalidade dar a conhecer as atividades desenvolvidas pela aluna, e também servir como complemento ao manual da aplicação utilizada, o SIGOPRAM uma vez que o respetivo manual não reúne toda a informação necessária para que o utilizador menos experiente consiga desenvolver uma simulação na aplicação.

O trabalho realizado incide na utilização de dois modelos distintos, o de dimensionamento e o de simulação, permitindo analisar o desempenho da aplicação, uma vez que esta nunca tinha sido utilizada na EDIA. Opta-se por aplicar os dois modelos para uma rede de rega pequena, tendo em consideração o tempo de duração do estágio e o facto de, no início do estágio, a aluna não estar familiarizada com a área de Hidráulica.

O modelo de dimensionamento é aplicado a uma rede de rega do sub-bloco Cuba Este 1, de forma a analisar o comportamento do *software* DIOPRAM e a validar os seus resultados, através de uma comparação entre os resultados obtidos pela aplicação do modelo e os resultados de dimensionamento obtidos pela equipa projetista externa.

Com a aplicação do modelo de dimensionamento obtêm-se resultados sobre o caudal, pressão dinâmica, velocidade, diâmetro e tipo de material aplicado em cada troço, otimizados de forma a obter a rede mais barata possível.

Com a aplicação do modelo de simulação, são analisados possíveis problemas operacionais que a rede possa apresentar, ao nível da pressão e de velocidade de circulação da água nas condutas, através do *software* EPANET.

Palavras – chave: Sistemas de Informação Geográfica, SIGOPRAM, Dimensionamento, Simulação.

Abstract

During the module “thesis, project or internship”, part of the MSc in Gematics, a project is developed with the duration of 86 days (645 hours) in the Empresa de Desenvolvimento e Infra-Estruturas do Alqueva, SA (EDIA). This intership is primarily designed to provide a first professional experience in the area of Geographic Information System (GIS), allowing the development and consolidation of the competences acquired through the length of the course.

This report not only provides an in-depth of all the activities developed by the student during the referred time period, but also serves as adding material, a manual to the used application, the SIGOPRAM, as its respective manual does not congregate all the necessary information for the less experienced user to be able to develop a simulation in this application.

The report falls upon the use of two distinctive models, one pertaining to dimensions and the other to simulations, allowing to analyze the performance of the application, as it never was used by EDIA. The two models were used in a small irrigation network, taking into consideration the time and duration of the intership, as in the beginning of the intership, the student may not be familiarised with the entire hydraulic area.

The dimensions model is applied to a network of sub-block Cuba Este 1, as means to analyse the behaviour of the software DIOPRAM and validate their results. Through an established comparison between previously made dimensions by the application, the model and the results were obtained by the team charged with the project.

Through the application of the dimension model, results can be obtained regarding the flow rate, dynamic pressure, speed, diameter and type of material applied in each interval, optimized to obtain the lowest possible network.

With the application of the simulations model, possible operational problems which the network may present are analysed, at the level of pressure and speed of water circulation in the conducts, through the EPANET software.

Key-words: Geographic Information System, SIGOPRAM, Dimension, Simulation.

Abreviaturas e Notação

ASH – Aço Soldado Helicoidalmente

BD – Base de Dados

BDE – Base de Dados Espacial

CFC – Caudal Fictício Contínuo

CIHEAM – *Centre International de Hautes Études Agronomiques Méditerranéennes*

EPA – *Environmental Protection Agency*

DN – Diâmetro Nominal

EB – Estação de Bombagem

EFMA – Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva

EDIA – Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva

m.c.a – Metros de coluna de água

MDT – Modelo Digital do Terreno

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PN – Pressão Nominal

PRFV – Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro

SIG – Sistema de Informação Geográfica

VHV – Válvula Hidráulica Volumétrica

VRP – Válvula Redutora de Pressão

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. INDICAÇÃO E JUSTIFICAÇÃO DO TEMA ESCOLHIDO	1
1.2. OBJETIVOS	1
1.3. ENQUADRAMENTO DO ESTÁGIO.....	2
1.4. ESTRUTURA DO RELATÓRIO	3
2. CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO.....	5
2.1. LOCALIZAÇÃO.....	5
2.2. HISTÓRIA	6
2.3. MISSÃO, VISÃO, VALORES E OBJETIVOS	6
2.4. CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE/NEGÓCIO DA ORGANIZAÇÃO	7
3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	9
3.1. FORMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA À EXPLORAÇÃO AGRÍCOLA.....	9
3.1.1. SISTEMAS RÍGIDOS.....	9
3.1.2. SISTEMAS FLEXÍVEIS	10
3.2. MÉTODOS DE REGA UTILIZADOS NAS EXPLORAÇÕES AGRÍCOLAS.....	11
3.2.1. REGA POR SUPERFÍCIE	11
3.2.2. REGA POR ASPERSÃO	12
3.2.3. REGA LOCALIZADA	14
3.3. A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) NO TRABALHO DESENVOLVIDO	14
4. FERRAMENTAS UTILIZADAS.....	17
4.1. SIGOPRAM	17
4.1.1. ESTRUTURAS E FUNCIONALIDADES.....	18
4.1.2. DIOPRAM E EPANET	19
5. CASO DE ESTUDO	21
5.1. ÁREA DE ESTUDO.....	21

5.2.	DADOS DE BASE.....	23
5.3.	SIMULAR NO SIGOPRAM	24
5.3.1.	CRIAR UMA SIMULAÇÃO	24
5.3.2.	PREPARAR TEMA PARCELAS	25
5.3.2.1.	Adaptação da estrutura de dados do SIG EDIA para a estrutura de dados do SIGOPRAM	26
5.3.2.2.	Definição das necessidades hídricas.....	28
5.3.3.	DESENHAR A REDE	34
5.3.4.	DEFINIÇÃO DAS PRESSÕES OBJETIVO	41
5.3.5.	DIMENSIONAMENTO DA REDE DE REGA	42
5.3.5.1.	Cálculo do caudal de dimensionamento da rede	43
5.3.5.2.	Utilização do DIOPRAM no dimensionamento da rede de rega.....	45
5.3.6.	CALCULAR MAPA DE PRESSÕES DISPONÍVEIS	51
5.3.6.1.	Cenário 1 – Pressão disponível no ponto mais desfavorável da rede terciária.....	52
5.3.6.2.	Cenário 2 – Pressão disponível à saída da boca de rega	54
5.3.7.	MODELO DE SIMULAÇÃO.....	55
5.3.7.1.	Simulações efetuadas	55
5.3.8.	EXTENSÃO DA REDE DE REGA.....	55
5.3.8.1.	Cenário 1 – Adição de um novo ramal numa conduta final da rede de rega	56
5.3.8.2.	Cenário 2 – Adição de um novo ramal numa conduta inicial da rede de rega.....	60
5.3.8.3.	Cenário 3 – Aumentar a área de uma parcela e o caudal nominal da boca de rega associada	63
6.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	67
7.	ALTERNATIVAS EM <i>OPEN SOURCE</i>	93
8.	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO	95
9.	BIBLIOGRAFIA	97

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Localização da EDIA.....	5
Figura 3.2 – Rega por aspersão – Aspersão convencional – (Andrade e Brito, 2006)	13
Figura 3.3 – Rega por aspersão – <i>Pivot</i> – (Traxco 2011).....	14
Figura 4.4 – Componentes do SIGOPRAM – (Fortes, 2012)	18
Figura 5.5 – Enquadramento da área de estudo	22
Figura 5.6 – Ocupação cultural presente no sub-bloco Cuba Este 1	34
Figura 5.7 – Tema Parcelas - Campo <i>ABASTECIDA</i> = ‘NO’; Campo <i>TOMA</i> = ‘NO’	36
Figura 5.8 – Tema Parcelas - Campo <i>ABASTECIDA</i> = ‘SI’; Campo <i>TOMA</i> = ‘NO’	37
Figura 5.9 – Tema Parcelas - Campo <i>ABASTECIDA</i> = ‘SI’; Campo <i>TOMA</i> = ‘SI’.....	38
Figura 5.10 – Visualização do perfil longitudinal.....	39
Figura 5.11 – Inserção de nós na rede através da ferramenta Informação (Nós).....	40
Figura 5.12 – Rede final desenhada através das ferramentas de edição do SIGOPRAM.....	40
Figura 5.13 – Informação sobre a pressão ao início da rede - DIOPRAM	47
Figura 5.14 – Localização do novo ramal adicionado – Cenário 1	57
Figura 5.15 – Localização das bocas a considerar abertas através critério aleatório – Cenário 1	58
Figura 5.16 – Localização das bocas a considerar abertas através critério probabilidade de Clément – Cenário 1.....	59
Figura 5.17 – Localização do novo ramal adicionado – Cenário 2.....	61
Figura 5.18 – Localização das bocas a considerar abertas através critério aleatório – Cenário 2	62

Figura 5.19 – Localização das bocas a considerar abertas através critério probabilidade de Clément – Cenário 2.....	63
Figura 5.20 – Localização da parcela e boca de rega – Cenário 3	64
Figura 5.21 – Localização das bocas a considerar abertas através critério aleatório – Cenário 3	65
Figura 5.22 – Localização das bocas a considerar abertas através critério probabilidade de Clément – Cenário 3.....	66
Figura 6.23 – Localização das bocas de rega com pressão insuficiente	67
Figura 6.24 – Caudais circulantes na rede (l/s)	70
Figura 6.25 – Diâmetros das tubagens (mm) atribuídos através do dimensionamento da rede.....	71
Figura 6.26 – Comparação entre os diâmetros atribuídos pelo projetista e os diâmetros atribuídos pelo SIGOPRAM	72
Figura 6.27 – Pressão dinâmica (m.c.a) ao longo da rede.....	73
Figura 6.28 – Velocidade nas condutas (m/s)	74
Figura 6.29 – Custo da rede de rega.....	76
Figura 6.30 – Cenário 1 – Método de rega gota-a-gota – Pressão objetivo	77
Figura 6.31 – Cenário 1 – Método de rega gota-a-gota – Pressão dinâmica.....	77
Figura 6.32 – Cenário 1 – Método de rega aspersão convencional – Pressão objetivo	78
Figura 6.33 – Cenário 1 – Método de rega aspersão convencional – Pressão dinâmica.....	78
Figura 6.34 – Cenário 1 – Método de rega <i>pivot</i> – Pressão objetivo	79
Figura 6.35 – Cenário 1 – Método de rega <i>pivot</i> – Pressão dinâmica.....	80
Figura 6.36 – Cenário 2 – Pressão objetivo	81

Figura 6.37 – Cenário 2 – Pressão dinâmica.....	81
Figura 6.38 – Simulador de cenários - Critério aleatório.....	82
Figura 6.39 – Simulador de cenários - Critério Probabilidade de Clément	83
Figura 6.40 – Localização das bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément	84
Figura 6.41 – Representação dos défices de pressão e velocidades nas condutas	85
Figura 6.42 – Localização das bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede aumentada.....	87
Figura 6.43 – Relação entre a pressão objetivo e a pressão dinâmica	88
Figura 6.44 – Trajetória da água até chegar à nova boca de rega	89
Figura 6.45 – Localização das bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede aumentada – Cenário 2.....	91
Figura A1.46 – Barra de ferramentas principal - SIGOPRAM.....	103
Figura A1.47 – Janela <i>Simulaciones</i>	103
Figura A1.48 – Botão Menu.....	104
Figura A1.49 – Janela Preferências.....	104
Figura A1.50 – Ferramenta Inspetor GEO.mdb.....	108
Figura A1.51 – Botão Modelação	110
Figura A1.52 – Ferramentas de edição disponíveis na barra de ferramentas principal	110
Figura A1.53 – Ferramenta Consolidar material.....	111
Figura A1.54 – Ferramenta Agrupar Parcelas.....	112
Figura A1.55 – Ferramenta Informação Nós	113

Figura A1.56 – Informação Nós – ‘NOD’	113
Figura A1.57 – Informação Nós – ‘HID’	114
Figura A1.58 – Informação Nós – ‘TOM’	114
Figura A1.59 – Informação Nós – RES	115
Figura A1.60 – Exemplo de um perfil longitudinal	116
Figura A1.61 – Ferramenta Estadísticas	117
Figura A1.62 – Janela Painel de Controlo.....	118
Figura A1.63 – Dados de entrada para o dimensionamento	119
Figura A1.64 – Dados resultantes do dimensionamento.....	119
Figura A1.65 – Simulador de cenários.....	120
Figura A1.66 – Simulador de cenários – Resultados	123
Figura A1.67 – Processos Estruturais / de Modelação.....	125
Figura A1.68 – Padrões de Rega.....	126
Figura A1.69 – Resultados	128
Figura A2.70 – Barra de ferramentas de edição – SIGOPRAM	129

Índice de Tabelas

Tabela 5.1 – Modelo de ocupação cultural adotado.....	29
Tabela 5.2 – Necessidades hídricas na rede secundária (m ³ /ha)	29
Tabela 5.3 – Preenchimento das necessidades hídricas para as duas ocupações culturais identificadas – (Adaptação tabela <i>Dotaciones</i> – SIGOPRAM)	30
Tabela 5.4 – Tabela Padrões de Rega (Adaptação tabela <i>Padrones de Reg</i> – SIGOPRAM)*	31
Tabela 5.5 – Nova pressão objetivo para as bocas de rega com défice de pressão*	49
Tabela 6.6 – Bocas com défice de pressão – Critério Probabilidade de Clément.....	83
Tabela 6.7 – Bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede aumentada	87
Tabela 6.8 – Resumo dos dados do dimensionamento – Bocas com défice de pressão – Cenário 1	88
Tabela 6.9 – Bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede original	89
Tabela 6.10 – Bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede aumentada	90
Tabela 6.11 – Bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede aumentada	92
Tabela 6.12 – Bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede original	92
Tabela A1.13 – Tabela de Válvulas Hidráulicas.....	106
Tabela A1.14 – Tabela de tubagens	106
Tabela A1.15 – Tabela de Hidrantes	108

Tabela A1.16 – Ferramentas edição – Barra de ferramentas principal 110

Índice de Anexos

Anexo 1 – Barra de ferramentas principal 103

Anexo 2 – Barra de ferramentas de edição 129

Anexo 3 – Descrição dos processos estruturais e de modelação..... 133

Anexo 4 – Classes de bocas de rega – Rotação ‘B’ 135

Anexo 5 – Classes de bocas de rega – Vinha/Olival..... 137

Anexo 6 – Dados resultantes do dimensionamento efetuado pelo projetista 139

Anexo 7 – Resultado do dimensionamento utilizando o caudal nominal 141

1. Introdução

O presente relatório é realizado no âmbito da unidade curricular “Dissertação, Projeto ou Estágio”, do mestrado em Geomática. Este estágio curricular tem como objetivo principal, proporcionar à aluna a experiência profissional na área do SIG, permitindo consolidar, adquirir e desenvolver as competências adquiridas ao longo do curso.

Para o efeito, o estágio decorreu na EDIA, no departamento de Informação Geográfica e Cartografia, no período de 11 de Março a 19 de Julho de 2013.

1.1. Indicação e justificação do tema escolhido

Este estágio tem como tema a “Aplicação de um modelo de dimensionamento e simulação de redes de rega sob pressão em ArcMap”. Esta opção pela vertente do estágio, deve-se ao interesse em estabelecer um primeiro contacto a nível profissional com uma organização que utiliza os SIG na sua área de atividade, o que possibilitaria a aplicação e consolidação dos conhecimentos adquiridos no mestrado em Geomática.

O tema foi proposto pelo orientador do estágio da empresa, uma vez que foi considerado interessante e oportuno explorar a aplicação SIGOPRAM, tirar conclusões sobre o trabalho realizado e divulgar internamente as suas capacidades.

1.2. Objetivos

Os objetivos merecem ser analisados sob duas vertentes, ao nível da empresa acolhedora e ao nível da estagiária. Assim, ao nível da empresa e dado que a aplicação em questão nunca tinha sido utilizada na EDIA, os objetivos principais são:

- perceber como a ferramenta SIGOPRAM se encontra estruturada e explorar as suas funcionalidades;
- validar o modelo de dimensionamento obtido pelo DIOPRAM através da comparação com a proposta apresentada pela equipa projetista externa, para a mesma rede de rega;
- identificar a existência de possíveis “falhas” no comportamento hidráulico da rede em cenários de crescente caudal circulante, tais como bocas de rega com défice de

pressão e velocidade da água superior ao previsto no projeto inicial da rede, tendo por base o modelo de simulação.

Ao nível da estagiária, os objetivos principais são consolidar e aprofundar os conhecimentos obtidos com vista à sua formação académica e profissional, cumprindo, simultaneamente, os objetivos propostos pela EDIA.

1.3. Enquadramento do estágio

A EDIA, Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A., é uma empresa de capitais públicos, criada com o objetivo de conceber, executar, construir e explorar o Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA)¹. Entre as principais infraestruturas sob a responsabilidade da EDIA contam-se uma reserva de água com a capacidade máxima de 4.150 milhões de m³ capaz de garantir o fornecimento de água durante 3 anos de seca consecutivos, a barragem de Alqueva e respetiva Central Hidroelétrica, que entre outros fins pretende dinamizar a agricultura no Alentejo. A distribuição da água desta albufeira realiza-se através das redes primária numa primeira fase, e secundárias já mais próximas dos terrenos agrícolas a servir, constituídas por condutas de secção variável e estações elevatórias, sempre que a topografia do terreno o exija. Os pontos finais de distribuição aos clientes são constituídos por hidrantes e bocas de rega, dispersos numa área que abrange 700.000 ha.

Uma vez que a região do Alentejo se caracteriza por défice de água no período Primavera-Verão, a agricultura desenvolvida na região é tradicionalmente assente na prática do sequeiro. A utilização da reserva de água de Alqueva possibilita a implementação de uma alteração gradual no tipo de agricultura praticada na região, através da introdução de novas culturas regadas, que exigem a disponibilidade de maiores quantidades de água, e apresentam rentabilidades económicas muito superiores.

Desta forma, justifica-se a construção dos perímetros de rega (cerca de 120 mil hectares de novos regadios no Alentejo), os quais possibilitam a distribuição racional da água, evitando desperdícios. Os perímetros de rega existentes disponibilizam a quantidade de água necessária para cada exploração agrícola, segundo dois patamares de serviço:

¹ O EFMA é constituído pela barragem do Alqueva, central hidroelétrica de Alqueva, barragem de Pedrógão, central mini hídrica de Pedrógão, sistema global de rega e estação elevatória dos Álamos.

- baixa pressão, em que o agricultor é responsável por assegurar a pressão de que necessita para a sua exploração, uma vez que o serviço de fornecimento de água de Alqueva apresenta uma pressão mínima a jusante do hidrante – à saída da boca de rega – inferior a 30 m.c.a;
- alta pressão, no qual a água está pronta a ser utilizada nos diferentes tipos de equipamentos de rega mais comuns, com uma pressão maior ou igual a 30 m.c.a.

A distinção entre baixa e alta pressão efetuada pela EDIA resulta do conceito de que, com a utilização de uma pressão de 30 m.c.a é possível a utilização de equipamentos de rega ligados diretamente ao hidrante, sem necessidade de recorrer a um equipamento de bombagem, sendo um conceito geralmente utilizado em projetos de regadio público.

O trabalho realizado no âmbito do estágio incide sobre um perímetro de rega que funciona em alta pressão, de modo a verificar o seu dimensionamento e funcionamento, procurando a existência de “falhas”, e possíveis soluções com vista a otimizar o seu funcionamento.

1.4. Estrutura do relatório

O relatório de estágio é constituído pelos capítulos Introdução, Caracterização da Organização, Enquadramento Teórico, Ferramentas utilizadas, Caso de Estudo, Discussão dos resultados obtidos, Alternativas em *open source*, relativamente à aplicação utilizada, SIGOPRAM, e as Conclusões e Perspetivas de trabalho futuro.

No presente capítulo, **Introdução**, está descrito o tema deste estágio e a motivação para o mesmo, quais os objetivos que se pretendem atingir, o enquadramento do mesmo na área de negócio da EDIA e um resumo de como o relatório se encontra estruturado.

O segundo capítulo, **Caracterização da Organização**, aborda a Localização e História da Organização de Acolhimento, a sua Missão, Visão, Objetivos e Políticas, bem como a Caracterização da Atividade/ Negócio da organização.

O terceiro capítulo, **Enquadramento Teórico** descreve as várias formas de distribuição de água à exploração agrícola, em sistemas rígidos e sistemas flexíveis. Também são abordados alguns dos métodos de rega utilizados pelos agricultores, de forma a fornecer vários exemplos de como o agricultor distribuí a água dentro da parcela.

No quarto capítulo, **Ferramentas utilizadas** efetua-se uma descrição da aplicação SIGOPRAM, a sua estrutura e funcionalidades e uma descrição dos *softwares* responsáveis pelo modelo de dimensionamento e simulação, DIOPRAM e EPANET, respetivamente.

No quinto capítulo, **Caso de estudo** é efetuada uma descrição da área de estudo e das fontes da informação utilizadas para realizar a simulação no SIGOPRAM. São descritas as várias fases da simulação efetuadas no presente trabalho.

No sexto capítulo, **Discussão dos resultados obtidos** são descritos e analisados os resultados adquiridos no capítulo anterior.

No sétimo capítulo, **Alternativas em *open source*** são descritas outras alternativas à aplicação SIGOPRAM, a nível de outras aplicações existentes no mercado que permitem desempenhar funções semelhantes à mesma, relativamente ao modelo de dimensionamento e ao modelo de simulação, mas sem custos de aquisição e com acesso ao código fonte, o que permite a sua adaptação.

No oitavo capítulo, **Conclusões e Perspetivas de trabalho futuro** são referidas as respetivas conclusões de todo o trabalho de estágio e de algumas tarefas que poderão ser desenvolvidas no futuro.

2. Caracterização da Organização

No presente capítulo efetua-se uma descrição da empresa acolhedora de forma a proporcionar ao leitor um enquadramento sobre a área de negócio da mesma.

É descrita a sua localização geográfica, caracterização da atividade, história, missão, visão, objetivos e políticas.

2.1. Localização

Morada: Rua Zeca Afonso, 2

7800-522 Beja, Portugal

Email: edia@edia.pt

Telefone: 284 31 51 00

Fax: 284 31 51 01

Site na Internet: <http://www.edia.pt/edia/>

Localização geográfica:

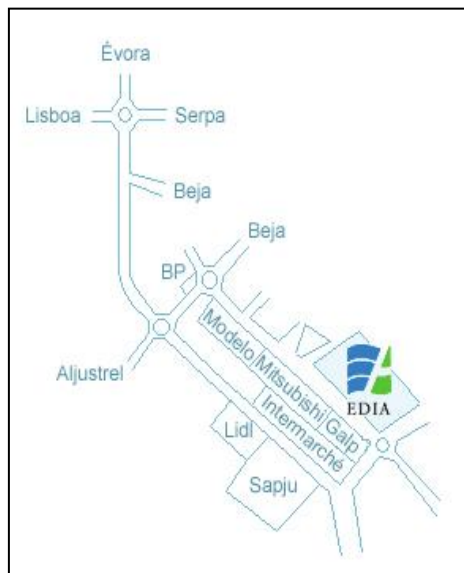


Figura 2.1 – Localização da EDIA

2.2. História

A EDIA surge em 1995, pelo decreto-Lei nº 32/1995 de 11 de Fevereiro. É constituída por capitais exclusivamente públicos com a finalidade de desenvolver o projeto do EFMA, que integravam entre outros, os trabalhos desenvolvidos ao nível da construção da barragem de Alqueva.

A empresa abrange diferentes vertentes, a nível da conceção, execução, construção e exploração das infraestruturas, bem como aspetos relacionados com o desenvolvimento económico e social da sua área de intervenção, que corresponde a 20 concelhos do Alto e Baixo Alentejo.

A EDIA, consciente do papel que assume na região associa às suas infraestruturas do projeto, polos de desenvolvimento através de parcerias em diversas áreas de negócio (nos sectores das águas, turismo, energias renováveis, ambiente, agricultura e inovação e tecnologia).

2.3. Missão, Visão, Valores e Objetivos

- **Missão**
 - conceção, execução, construção, gestão, exploração, manutenção e conservação das infraestruturas que integram o sistema primário do EFMA;
 - conceção, execução e construção, em representação do Estado, das infraestruturas que integram a rede secundária do EFMA;
 - promoção, desenvolvimento e prossecução de outras atividades económicas cujo aproveitamento contribua para a melhoria das condições de utilização dos recursos afetos ao EFMA.

- **Visão:**
 - consolidar a empresa no contexto regional e nacional.

- **Objetivos:**
 - construir, gerir e explorar o conjunto de infraestruturas integrante do sistema primário do EFMA;

- potenciar o desenvolvimento económico e social sustentável na área de intervenção da Empresa;
- operar no sector do domínio público hídrico de captação, adução e distribuição de água em alta pressão, rega e exploração hidroelétrica;
- desenvolver uma estratégia empresarial que assegure a sustentabilidade da atividade da Empresa.

A EDIA assume como compromissos fundamentais assegurar o elevado grau de desempenho ambiental consubstanciado na adoção de práticas de gestão ambiental, gestão e monitorização da água, valorização de áreas de interesse para a conservação da natureza e a valorização profissional dos seus trabalhadores.

- **Políticas da Empresa**

- cumprir a missão e os objetivos determinados, de forma económica, financeira, social e ambientalmente eficiente;
- cumprir a legislação e regulamentação em vigor;
- salvaguardar os bens ativos;
- cumprir o princípio da igualdade de oportunidades entre homens e mulheres;
- tratar com respeito e integridade os seus trabalhadores, contribuindo ativamente para a sua valorização profissional;
- tratar com equidade todos os clientes e fornecedores;
- informar e divulgar as atividades de acordo com a legislação e outras orientações dos acionistas.

2.4. Caracterização da Atividade/Negócio da Organização

Como referido previamente, a área de negócio da EDIA está relacionada com a gestão de todas as infraestruturas e atividades relacionadas com a construção da barragem do Alqueva, estando diversificada em diferentes áreas de negócio/setores, nomeadamente:

- água, elemento central do projeto;
- energias renováveis, nas suas diferentes origens;
- turismo, enquanto atividade potenciada pelo EFMA;
- ambiente, a nível da preservação, gestão e requalificação;

- agricultura, enquanto atividade associada às infraestruturas de rega.

De forma a criar e desenvolver parceiras estratégicas, é do objetivo da EDIA apostar nas seguintes áreas:

- produção de biocombustíveis;
- produção de energia eólica e fotovoltaica;
- certificação de produtos agroindustriais;
- abastecimento de água e tratamento de resíduos sólidos urbanos;
- monitorização ambiental;
- turismo e ordenamento do território.

3. Enquadramento Teórico

No enquadramento teórico é apresentada a pesquisa bibliográfica sobre os temas subjacentes às atividades desenvolvidas no estágio curricular, dando a conhecer os vários tipos de sistemas de distribuição de água às explorações agrícolas, e como a rede em estudo efetua a distribuição da água às parcelas.

Outro dos temas abordados diz respeito aos métodos de rega mais utilizados pelos agricultores, indicando como a água pode ser fornecida a cada cultura, depois de passar pela rede secundária da EDIA.

Neste capítulo também é referida a importância que os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tiveram no estágio.

3.1. Formas de distribuição de água à exploração agrícola

No presente capítulo pretende-se dar a conhecer os diversos sistemas de distribuição de água à exploração agrícola, e descreve-se como a rede alvo de estudo neste relatório efetua a distribuição de água às suas parcelas.

3.1.1. Sistemas Rígidos

Nos sistemas rígidos a água é distribuída em rotação para todos os utilizadores, sendo a abertura e fecho das bocas de rega da responsabilidade da entidade gestora, uma vez que os utilizadores não têm acesso às bocas de rega.

Geralmente não existe contacto entre o regante e a entidade gestora, uma vez que o horário de distribuição da água é fixado pela entidade gestora, que efetua a abertura e fecho da boca, independentemente da necessidade do agricultor. Contudo, em alguns casos, pode existir uma maior flexibilidade, em que a entidade gestora pode contactar com o agricultor de forma antecipada para combinar possíveis horários de distribuição de água (Oliveira 2011).

Os sistemas rígidos podem apresentar variantes de acordo com a maior ou menor flexibilidade que apresentam, podendo assumir três hipóteses: i) volume de água fixo e horário fixo; ii) volume de água fixo e horário variável; iii) volume de água variável e horário fixo.

O regime de volume de água fixo e horário de rega fixo facilita o controlo da água por parte da entidade gestora, reduzindo os custos de investimento e de exploração. Como a rede de distribuição é dimensionada para um caudal de ponta mínimo, o mesmo será utilizado continuamente. Este regime apresenta grandes inconvenientes para o agricultor, uma vez que em determinadas alturas do ano, como no outono e inverno, produz excedentes de água que poderão levar a problemas de drenagem e baixas eficiências do uso da água. Na primavera e no verão, o caudal fornecido corresponde ao caudal mínimo e não consegue satisfazer as necessidades de água das culturas para o mês mais exigente.

Quando é utilizado um horário de rega variável para um volume de água fixo, reduz-se o excesso de água, logo a eficiência aumenta. Nestes casos a gestão da água torna-se mais difícil, porque se pretende adaptar o fornecimento da água às necessidades hídricas sazonais.

A variante volume de água variável com horário de rega fixo permite fornecer de uma maneira quase contínua um caudal de ponta mínimo, reduzindo caudal fora da época de ponta. A duração da rotação é escolhida de forma a satisfazer as necessidades de água das culturas durante o período de ponta (Oliveira, 2011).

3.1.2. Sistemas Flexíveis

As várias modalidades de distribuição de água aos regantes diferem na flexibilidade ou grau de liberdade no uso das bocas de rega. São aferidas segundo as seguintes características (EDIA, 2006d):

- Frequência: Intervalo de tempo entre fornecimentos consecutivos;
- Caudal: Quantidade disponibilizada por unidade de tempo;
- Duração: Intervalo de tempo correspondente à duração de um fornecimento (horário de rega);

Nos sistemas flexíveis de distribuição de água, salienta-se a distribuição a pedido empregue na rede de rega em estudo, em que o agricultor pode utilizar a água quando, como e durante o tempo que quiser (EDIA, 2006c).

A grande desvantagem deste sistema reside a nível de custos monetários, uma vez que a capacidade do sistema de distribuição tem de ser suficientemente grande para poder satisfazer todas as necessidades simultaneamente, o que implicaria a nível de investimento e exploração, custos muito elevados (Oliveira, 2011).

Para colmatar essa desvantagem, impõe-se uma restrição ao agricultor ao nível do caudal máximo, que pode ser derivado na boca de rega, em função das necessidades de água das culturas, bem como do tipo de instalações de rega a utilizar ao nível da parcela. No entanto, o agricultor pode definir a frequência e a duração da rega, tendo em conta a limitação imposta (EDIA, 2006c).

Em alguns casos, associados a este tipo de sistema de distribuição de água, podem ser construídos reservatórios individuais ou coletivos, situados em pontos estratégicos, que podem ser cheios durante o período de menor consumo. Assim, permite que a rede de distribuição trabalhe quase sempre perto da sua capacidade máxima.

Para os sistemas de distribuição a pedido com limitações, a resposta às necessidades em períodos de ponta que não podem ser satisfeitas diretamente pela rede, pode ser efetuada pela água armazenada nos reservatórios (Oliveira, 2011).

3.2. Métodos de rega utilizados nas explorações agrícolas

Neste subcapítulo são descritos alguns dos métodos de rega utilizados pelo agricultor dentro da parcela para fornecer água às culturas, depois de a água sair das redes de rega da EDIA.

3.2.1. Rega por Superfície

Neste método de rega, a água a ser distribuída à parcela é canalizada para as cabeceiras de pequenos canais em terra, denominados sulcos, ou de uma determinada parcela – faixas, previamente adaptadas para a rega, onde a água escorre por gravidade no sentido dos pontos de cotas mais baixas.

A rega processa-se com a entrada da água numa das cabeceiras até atingir a outra extremidade do sulco, ou da faixa. A partir desse momento, o escoamento sai fora da parcela, ou acumula-se nela, se a extremidade estiver bloqueada. Este processo de rega continua, até que seja fornecida a quantidade de água necessária para satisfazer as necessidades das culturas. Após o fornecimento da quantidade de água necessária, a entrada da água é fechada e o volume da água acumulado no sulco escoar superficialmente e infiltra-se no terreno (Oliveira, 2011).

A utilização deste método de rega para efetuar a distribuição da água requer equipamentos simples com um custo operacional baixo e não sofre efeitos do vento, ao contrário da maioria dos restantes métodos de rega. Uma das grandes desvantagens na utilização deste método de rega diz respeito à dependência das condições topográficas, uma vez que a água só escorre no sentido dos pontos mais baixos e exige a observação frequente no campo, para assegurar o bom desempenho do método de rega (Andrade e Brito, 2006).

3.2.2. Rega por Aspersão

A irrigação por aspersão surgiu devido à necessidade de irrigar zonas que não seriam regadas utilizando a rega por superfície, como por exemplo, terrenos localizados em níveis mais altos que as fontes de água ou áreas muito onduladas ou com grandes erosões (Testezlaf, 2005).

A rega por aspersão efetua a distribuição da água às culturas em pressão, por meio de tubagens. A água é disponibilizada à cultura através de emissores, denominados aspersores, que emitem a água sob a forma de “chuva”.

Geralmente, estes métodos de rega são constituídos por um sistema de bombagem, que tem como objetivo elevar a água desde a fonte de captação até à origem da rede de distribuição. Outro dos componentes diz respeito à linha principal de distribuição, que tem como objetivo efetuar o transporte da água sob pressão, desde o sistema de bombagem até às linhas secundárias, ou diretamente aos ramais laterais. Por sua vez, a linha secundária ou ramal lateral efetua o transporte da água vinda da linha principal até aos aspersores, que têm como função pulverizar a água e distribuí-la sob forma de “chuva”.

O princípio de funcionamento dos aspersores baseia-se no facto de a pressão disponível nos orifícios de saída de cada aspersor ser convertida em velocidade, o que faz com que o jacto de saída seja decomposto em diferentes gotas de diferentes dimensões, que são espalhadas na

área em torno de emissor, que em condições normais e na ausência de vento, corresponde a uma área circular (Oliveira, 2011).

Como principais vantagens deste método de rega salienta-se o facto de poder ser totalmente automatizado, poder ser transportado para outras áreas, maior eficiência de distribuição de água, quando comparado com o método de superfície. Como principais desvantagens, salientam-se os custos de instalação e operação, que são mais elevados comparativamente com os restantes métodos descritos, e a influência do vento na distribuição da água (Andrade e Brito, 2006).

De entre os vários equipamentos de aspersão, salienta-se a aspersão convencional e o *pivot* que são abordados posteriormente neste relatório.

Na aspersão convencional o equipamento pode ser fixo, semifixo ou portátil. Nos sistemas fixos, tanto as linhas principais como os ramais laterais permanecem na mesma posição durante a irrigação de toda a área. Em alguns desses sistemas, as tubagens estão permanentemente enterradas. Para os sistemas semifixos, as linhas laterais são fixas, e os ramais laterais são móveis. Nos sistemas portáteis, tanto as linhas principais como os ramais laterais são móveis. Através da Figura 3.2 é possível visualizar o equipamento de aspersão convencional (Andrade e Brito, 2006).



Figura 3.2 – Rega por aspersão – Aspersão convencional – (Andrade e Brito, 2006)

Outro tipo de rega por aspersão corresponde ao *pivot*. Este equipamento é composto por uma tubagem, onde são instalados os aspersores. A tubagem recebe a água de um dispositivo central sob pressão, denominado ponto *pivot*, e apoia-se em torres metálicas triangulares que são acionadas por dispositivos elétricos movendo-se continuamente em movimentos concêntricos ao redor do ponto *pivot*. Estes equipamentos são geralmente utilizados para regar

área entre 50 a 70 hectares. Na Figura 3.3 é possível visualizar um equipamento de rega *pivot* (Andrade e Brito, 2006).



Figura 3.3 – Rega por aspersão – *Pivot* – (Traxco 2011)

3.2.3. Rega Localizada

A rega localizada é aplicada em alta frequência e em baixo volume, sobre ou sob a superfície do solo ocupada pelo sistema de rega, humedecendo apenas uma pequena área na zona de desenvolvimento radicular da planta.

O emissor do sistema de rega é instalado numa linha lateral de irrigação, sendo projetado para fornecer água em forma de gotas, de fluxo contínuo ou por microaspiração (Frizzone, 2013).

A grande vantagem deste método relativamente ao método de rega por aspersão, é que este não molha a folhagem das plantas, podendo adaptar-se a solos com diferentes declives. Outra das vantagens reside no facto de que, a distribuição da água por este método não é afetada pelo vento, apresentando uma maior eficiência de aplicação da água relativamente aos restantes métodos, entre 85% a 95% (Borges, 2009). Como principal desvantagem salienta-se a frequência de entupimentos nas tubagens, e para que sejam evitados é necessário uma excelente filtragem de água (Andrade e Brito, 2006).

3.3. A importância dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) no trabalho desenvolvido

“Quase tudo o que acontece, acontece em algum lugar” (Longley *et al.*, 2005).

O ser humano é responsável por todas as infraestruturas existentes na Terra, podendo trazer consequências benéficas ou maléficas para o meio em que habitamos. Desta forma, é necessário localizar cada uma delas e efetuar o seu controlo de forma a assegurar a sua aceitabilidade.

É desta forma que os Sistemas de Informação Geográfica apresentam grande importância nos dias de hoje, permitindo não só acompanhar eventos, atividades, ou outros acontecimentos, mas também onde os mesmos acontecem ou existem (Longley et al. 2005).

Uma vez que todo o trabalho efetuado ao longo deste estágio curricular é desenvolvido em ambiente SIG, considera-se relevante salientar algumas das capacidades que esta ferramenta apresenta, tendo em conta o trabalho desenvolvido.

Segundo Edwards (2001) um SIG é muito mais do que uma aplicação de mapas, oferece um extenso conjunto de ferramentas de análise espacial e gestão de dados, que, quando integrados com modelos matemáticos podem fornecer grandes benefícios, entre os quais se podem enumerar os seguintes (Jacobsen, Fang e Kamojjala,2008):

- melhores serviços para clientes internos e externos;
- melhoria dos processos de trabalho e melhor produtividade;
- redução de erros associados à entrada de dados no sistema e duplicação dos mesmos;
- maior segurança de dados;
- maior rapidez de resposta.

No caso específico deste trabalho, utiliza-se um modelo hidráulico integrado no SIG, sendo a ferramenta de trabalho constituída pelos componentes ArcMap e extensão SIGOPRAM, que permitem ao utilizador:

- preparar os dados necessários aos modelos DIOPRAM e EPANET, de forma visual e intuitiva;
- executar os modelos de forma praticamente automatizada, sem necessidade de conhecer aprofundadamente a *interface* de utilização de cada modelo;
- apresentar e explorar os resultados dos modelos, novamente de forma visual e intuitiva, aproveitando as capacidades do SIG para extrair relações espaciais dos mesmos.

Para a realização de cada uma das tarefas descritas, é necessário utilizar as ferramentas gerais que um SIG disponibiliza, que, segundo Olaya (2010) são as seguintes:

- leitura, edição, armazenamento de dados alfanuméricos /espaciais;
- análise dos dados armazenados;
- geração de resultados, sob a forma de mapas, gráficos e tabelas.

Através das ferramentas de edição e armazenamento que o SIG e a extensão SIGOPRAM disponibilizam, é possível desenhar a rede de rega e inserir/armazenar a informação necessária para a aplicação dos modelos de dimensionamento e simulação, como o caudal e a pressão de serviço a assegurar em cada boca de rega.

Com base nos dados resultantes da aplicação dos dois modelos, e utilizando as ferramentas de análise espacial /alfanumérica que o *software* e a aplicação SIGOPRAM disponibilizam, é possível gerar mapas de pressões disponíveis no interior de cada parcela, considerando vários hipotéticos sistemas de rega que o agricultor possa implementar, permitindo assim visualizar as áreas dentro de cada parcela que podem apresentar défices de pressão. É também possível identificar as bocas de rega que possam vir a apresentar um funcionamento mais problemático, ao nível de défices de pressão.

Recorrendo novamente às ferramentas de edição da aplicação utilizada, é possível aumentar o caudal circulante na rede de rega, através da adição de novos ramais, com o objetivo de detetar possíveis problemas ao nível da pressão de serviço, caudal ou velocidade de circulação na rede, de forma a verificar se a mesma consegue comportar um caudal superior, relativamente ao seu caudal de dimensionamento.

Relativamente à demonstração dos resultados do trabalho efetuado, salienta-se a importância dos mapas, como ferramenta de disponibilização de informação, uma vez que permitem interpretar/divulgar os resultados de forma mais clara e intuitiva, e esclarecer questões que não seriam tão claras se apenas estivessem a ser analisados os dados alfanuméricos.

Desta forma, a utilização dos modelos utilizados neste estágio através da sua integração com SIG permite uma rapidez de atuação e clareza na exploração dos resultados, impossíveis de obter usando os modelos diretamente.

4. Ferramentas utilizadas

Neste capítulo, efetua-se uma descrição da ferramenta utilizada ao longo deste estágio, o SIGOPRAM, bem como das ferramentas associadas que suportam os modelos de dimensionamento e simulação, correspondendo ao *software* DIOPRAM e EPANET respetivamente.

4.1. SIGOPRAM

A aplicação utilizada neste estágio denominada por SIGOPRAM foi desenvolvida pela empresa espanhola *Aigues del Segarra Garrigues, S.A*, onde é realizado um dos maiores projetos da água desenvolvido na Catalunha, tendo como objetivo principal implementar um projeto de regadio público, beneficiando cerca de 70.000 hectares.

O SIGOPRAM é uma aplicação SIG desenvolvida com os objetivos de desenhar redes de rega ramificadas, segundo critérios económicos, e de efetuar simulações para as mesmas, de forma a perceber como se possam comportar no futuro.

A aplicação apresenta um módulo de dimensionamento efetuado através do programa DIOPRAM, que permite dimensionar redes de rega estritamente ramificadas, segundo os critérios económicos. Apresenta também um módulo de simulação, que permite simular o comportamento de redes de rega, ramificadas ou malhadas, em diferentes cenários de procura de água, através do *software* EPANET.

Outra das funcionalidades disponíveis na aplicação prende-se com a geração de hidrogramas de procura diários, durante o período de ponta, para uma rede de rega sob pressão através do *software* WINGENERA, desenvolvido pelo *Centre International de Hautes Études Agronomiques Méditerranéennes* (CIHEAM) em Bari, Itália. Esta funcionalidade que o SIGOPRAM dispõe não é utilizada no âmbito do estágio, por limitação de tempo.

Na Figura 4.4 é possível visualizar os vários componentes que fazem parte do SIGOPRAM.



Figura 4.4 – Componentes do SIGOPRAM – (Fortes, 2012)

A principal vantagem desta aplicação, é permitir o dimensionamento e simulação de redes de rega a partir de um único *interface*. Tendo em conta que a aplicação é desenvolvida no seio da empresa acima referida, todas as ferramentas disponíveis na aplicação são desenvolvidas para servir as necessidades da empresa, muito embora esta aplicação esteja já em uso em cerca de 90 empresas e organizações governamentais em todo o mundo.

4.1.1. Estruturas e funcionalidades

A aplicação SIGOPRAM é constituída por duas barras de ferramentas, a barra de ferramentas principal, onde é possível aceder a todas as ferramentas que a aplicação disponibiliza, e a barra de ferramentas de edição, a partir da qual é possível editar graficamente as redes de rega. As funcionalidades presentes em cada uma das barras estão descritas no Anexo 1 e Anexo 2, servindo como um complemento ao manual da aplicação² (ASG, 2012).

² Uma vez que a aplicação foi desenvolvida em Espanha, a designação de cada ferramenta encontra-se descrita na língua espanhola, pelo que, para melhor esclarecimento, coloca-se entre parênteses a tradução.

4.1.2. DIOPRAM e EPANET

Os dois *softwares* que suportam os modelos disponibilizados pelo SIGOPRAM correspondem ao *software* DIOPRAM, responsável pelo modelo de dimensionamento, e ao *software* EPANET, responsável pelo modelo de simulação.

O DIOPRAM é um *software* de cálculo para o dimensionamento ótimo de redes de distribuição de água, de topologia ramificada com um único ponto de alimentação, tendo sido desenvolvido pelo Grupo Multidisciplinar de Modelação de Fluídos da Universidade Politécnica de Valência (Fluing, 2003).

O *software* permite o dimensionamento de redes com várias centenas de nós, através da aplicação de um modelo de programação com funções de restrição económicas e funcionais, a nível de pressões de serviço, entre outras variáveis hidráulicas definidas pelo utilizador.

As informações necessárias para realizar um projeto de uma rede usando o DIOPRAM podem ser resumidas em três categorias:

- configuração física da rede: traçado, conectividade, cotas, comprimento dos troços;
- dados hidráulicos: caudais de consumo e pressões mínimas de serviço nos nós;
- dados económicos: custo das tubagens, de energia e de movimento de terras.

A utilização deste *software* pela aplicação SIGOPRAM apenas considera as tubagens, não efetuando o dimensionamento das bocas de rega ou hidrantes.

O EPANET corresponde ao *software* que suporta o modelo de simulação, possuindo capacidades de simulação hidráulica e simulação da qualidade de água, desenvolvido pela *Environmental Protection Agency* (EPA) (EPA, 2008).

Como capacidades de simulação hidráulica, salienta-se o cálculo das perdas de carga contínua e localizadas nas tubagens, a modelação de bombas de velocidade constante e variável, o cálculo da energia de bombeamento e do respetivo custo, modelação dos principais tipos de válvulas de rede, modelação de reservatórios de armazenamento de nível variável, bem como adição de múltiplas categorias de consumo nos nós, cada um com um padrão próprio de variação no tempo.

Relativamente às capacidades de simulação de qualidade da água, salienta-se o cálculo da percentagem de caudal que, com origem em determinado nó, atinge qualquer outro nó ao longo do tempo, a adição de padrões temporais de variação temporal da concentração ou de entrada de massa, em qualquer ponto da rede.

Através do SIGOPRAM é possível aceder a estes dois *software*, através de *interfaces* intuitivas, que efetuam a comunicação entre a aplicação e os mesmos.

Para usufruir de todas as funcionalidades do SIGOPRAM, nomeadamente as componentes de dimensionamento e simulação que são utilizadas neste estágio, é necessário que o DIOPRAM e o EPANET estejam instalados no computador, bem como o *software* de SIG, o ArcGis versão 10.

5. Caso de Estudo

Neste capítulo pretende-se dar a conhecer as funcionalidades e potencialidades que a ferramenta SIGOPRAM oferece para o dimensionamento e simulação de redes de rega, mostrando um caso prático com todas as etapas que foram efetuadas para realizar uma simulação.

5.1. Área de estudo

A área de estudo insere-se no bloco de rega Alvito – Pisão localizado na margem direita do rio Guadiana, na região do Baixo Alentejo, distrito de Beja, entre as povoações de Alvito, Vidigueira e Beringel. Desta forma, as regiões beneficiadas correspondem aos concelhos de Cuba, Beja, Vidigueira e Alvito, sendo abrangidas diretamente as freguesias de Cuba e Faro do Alentejo (concelho de Cuba), São Brissos e São Matias (concelho de Beja), Selmes e Vidigueira (concelho de Vidigueira) e Alvito (concelho de Alvito) (EDIA, 2006a).

Este bloco de rega é constituído, como se pode visualizar na Figura 5.5, pelos sub-blocos de rega Cuba Este 1, Cuba Este 2, Cuba Oeste 1, Cuba Oeste 2, Vidigueira 1, Vidigueira 2 e Faro, beneficiando uma área de 10 058 ha.

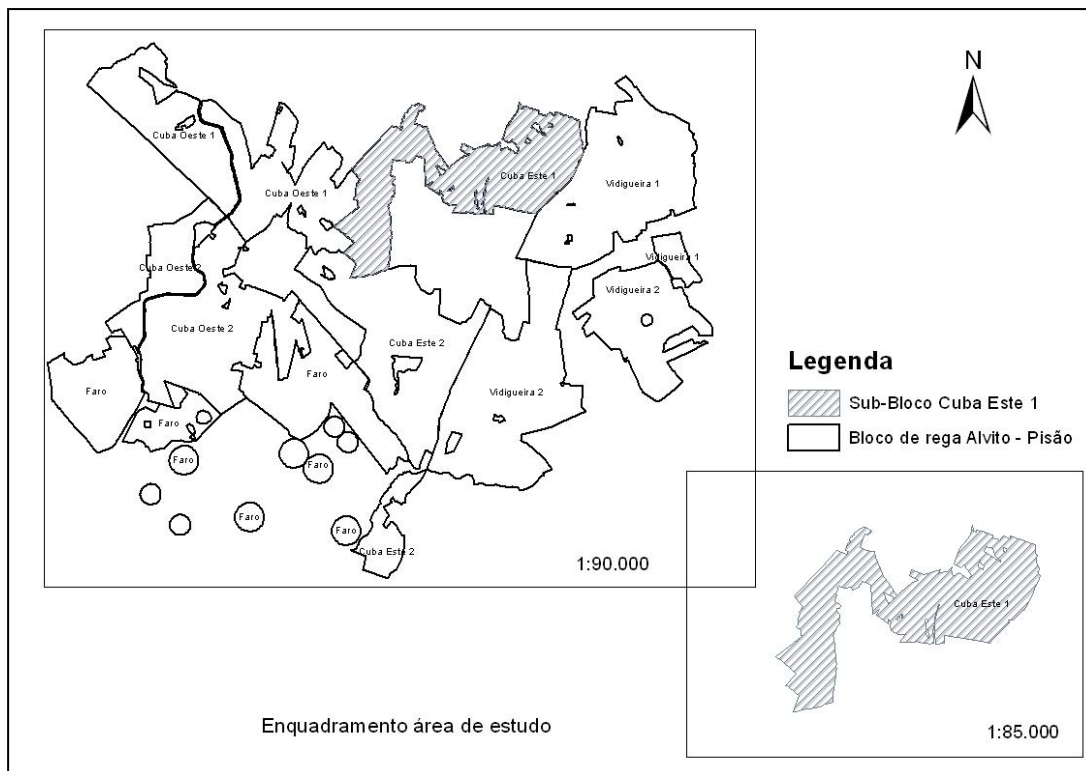


Figura 5.5 – Enquadramento da área de estudo

A divisão em Blocos e sub-blocos de rega é efetuada com o objetivo de agrupar áreas que, do ponto de vista altimétrico não conduzam a grandes amplitudes de pressão na rede, e por outro lado, para tentar diferenciar as zonas de grande e pequena propriedade (EDIA, 2006c).

Devido ao período de duração do estágio, opta-se por escolher apenas um dos sub-blocos, nomeadamente o sub-bloco Cuba Este 1, com uma área de 874 ha.

O sub-bloco Cuba Este 1 é beneficiado pelo reservatório denominado ‘R3’ que fornece água também para o sub-bloco Cuba Este 2. Depois do reservatório, está instalada uma estação elevatória, com uma altura manométrica de 68,8 m.c.a (EDIA, 2006b) que fornece a água existente no reservatório para a rede secundária que serve o sub-bloco Cuba Este 1, sendo a rede secundária constituída por 51 bocas de rega e 33 hidrantes.

A escolha pelo bloco de rega Alvito-Pisão é efetuada pela indicação da EDIA, uma vez que é um dos blocos de rega que neste momento é mais utilizado, permitindo assim detetar eventuais falhas que possam surgir no sistema, dado o seu funcionamento se aproximar da capacidade instalada.

O sub-bloco de rega escolhido diz respeito ao Cuba Este 1, um dos sub-blocos mais pequenos do bloco de rega Alvito – Pisão. Dado que é a primeira vez que a aplicação é empregue, opta-se por dimensionar e simular uma rede de rega pequena.

5.2. Dados de base

Para efetuar uma simulação no SIGOPRAM é necessário recolher um conjunto de dados referentes à rede de rega em estudo. Para isso, utilizam-se duas fontes de informação: SIG da EDIA e o projeto de execução da rede de rega (EDIA, 2006c).

O SIG da EDIA corresponde ao Sistema de Informação Geográfica (SIG) da empresa suportado por uma Base de Dados Espacial (BDE) PostgreSQL e implementado no *software* ArcGis.

Através do SIG da EDIA é possível adquirir a informação geográfica/ alfanumérica necessária para inicializar a simulação no SIGOPRAM, sendo organizada nos seguintes temas:

- bocas de rega;
- unidades de rega;
- condutas;
- reservatórios;
- Modelo Digital do Terreno (MDT) com uma resolução espacial de 5 m;
- ocupação cultural.

Cada tema possui informação para todos os blocos de rega do EFMA. Como a área de estudo diz respeito ao sub-bloco CubaEste1, é necessário efetuar uma seleção geográfica apenas para a área pretendida, obtendo-se a informação no sistema de coordenadas Hayford-Gauss Datum 73 IgeoE.

Relativamente ao projeto de execução, adquire-se informação alfanumérica através da memória descritiva do projeto, como também do ficheiro de cálculos relativo aos resultados do dimensionamento da rede, obtidos pelo projetista. É assim possível obter informação relativa sobre a dotação mensal ($m^3/ha/mês$), que corresponde às necessidades hídricas mensais de cada ocupação cultural. Com base nessa informação, é possível calcular o Caudal Fictício Contínuo (CFC), que também vem referido no projeto de execução, que corresponde

à quantidade de água necessária para satisfazer as necessidades hídricas de cada cultura, considerando um horário de rega do agricultor de 7 dias/semana, 24h/dia. Adquire-se também informação sobre o horário de rega para cada ocupação cultural, que permite calcular o caudal específico, ou seja, o CFC correspondente ao horário de rega definido. É também possível adquirir informação sobre o caudal nominal de cada boca de rega que corresponde ao caudal máximo que a boca pode fornecer, a pressão objetivo que cada boca necessita para regar a parcela associada, e as perdas de carga que se fazem sentir na rede.

5.3. Simular no SIGOPRAM

Neste capítulo são descritas as tarefas que são executadas, desde a adaptação dos dados de entrada à estrutura de dados do SIGOPRAM, para a aplicação dos modelos de dimensionamento e simulação, até à extensão de uma rede de rega já dimensionada.

5.3.1. Criar uma simulação

Para simular no SIGOPRAM é necessário criar uma nova simulação, através da *interface* da Figura A1.47.

Ao criar uma nova simulação, o SIGOPRAM cria automaticamente as bases de dados (BD) GEO.mdb, DIO.mdb, um conjunto de *layers* disponíveis no Menu capas temáticas da barra de ferramentas principal, e ainda a BD GESTAR.mdb que não é utilizada neste estágio.

A BD GEO.mdb possui várias tabelas alfanuméricas que suportam a lógica da aplicação e são a fonte de informação para um conjunto de consultas efetuadas à BD, que podem ser visualizadas através da ferramenta Inspetor GEO.mdb. A BD GEO.mdb possui ainda uma *feature dataset* designado GEO com várias *features class* relevantes para a simulação, sendo elas:

- *Agrupaciones* = parcelas dominadas pelo mesmo hidrante;
- Arcos = arcos que constituem a rede de rega;
- *Explotaciones* = parcelas dominadas por uma boca de rega;
- Hidrantes = *agrupacion* a que pertence o hidrante, o número de bocas associadas, a tipologia do hidrante, caudal e o preço associado;

- *Incultivables* = zonas no interior das parcelas que não são regadas, e.g. armazéns, piscinas;
- *Nodos* = todos os nós que fazem parte da rede;
- Parcelas = todas as parcelas que fazem parte da rede;
- *Puntos_Z* = pontos críticos de cada parcela;
- *Tomas_Lin* = nós do tipo ‘TOM’ com informação sobre o caudal mínimo e máximo da boca de rega e o diâmetro nominal da mesma.

Cada simulação tem um *layer* definido por defeito, designado MODO SIGOPRAM. Sempre que se abre uma simulação, este *layer* é ativado e são carregadas as seguintes *features class*: Arcos, *Incultivables*, *Nodos*, Parcelas e *Puntos_Z*.

Relativamente à BD DIO.mdb, a mesma é utilizada para efetuar a passagem de dados entre o SIGOPRAM e o DIOPRAM, fornecendo ao DIOPRAM os dados necessários para que o *software* consiga dimensionar a rede e ao SIGOPRAM fornece a informação resultante do dimensionamento da mesma.

Nesta BD está presente a tabela alfanumérica *Gama Tuberias* com informação sobre as características das tubagens a utilizar no dimensionamento da rede. Esta tabela pode ser visualizada no SIGOPRAM, através da Tabela de Tubagens (*Tabla de Tuberias*), onde é possível selecionar o tipo de materiais que podem ser considerados no dimensionamento da rede. Esta BD armazena também informação sobre o custo total da rede, na tabela Resultados General, podendo-se visualizar essa informação no SIGOPRAM em Painel de controlo – Resultados.

5.3.2. Preparar tema Parcelas

Para dimensionar ou simular uma rede de rega, é necessário saber *à priori* as necessidades hídricas de cada parcela, para que seja possível atribuir um caudal para cada boca de rega. Em função do caudal que cada boca fornece, são escolhidas as características que o material de rega tem que possuir, para suportar o caudal que circula na rede.

Desta forma, a primeira etapa realizada depois de criar a simulação, é inserir informação no tema Parcelas, de forma a ser possível relacionar as necessidades hídricas de cada parcela em função da sua área.

Neste capítulo são descritos os passos efetuados para preencher o tema Parcelas, desde a adaptação da estrutura de dados do SIG da EDIA para a estrutura do SIGOPRAM e como são definidas as necessidades hídricas para cada parcela.

5.3.2.1. Adaptação da estrutura de dados do SIG EDIA para a estrutura de dados do SIGOPRAM

O tema Parcelas (SIGOPRAM) recebe a informação presente no tema Unidades de rega do SIG da EDIA, onde estão representadas todas as áreas regáveis que estão no domínio do sistema de rega. Desta forma, é necessário copiar todos os registos presentes no tema Unidades de rega para o tema Parcelas, através da função *Append* (*Arctoolbox – Data Management tools – General – Append*). Adicionam-se dois campos no tema Parcelas (*BOCA_REGA* do tipo *short integer* e *HIDRANTE* do tipo *text*) de forma a ter a designação de cada hidrante e boca de rega que se utiliza no SIG da EDIA.

Depois da informação preenchida no tema Parcelas, preenchem-se os campos que são próprios da estrutura de dados do SIGOPRAM, sendo eles:

- *AGRUPACIO* = parcelas dominadas por um hidrante (campo composto por 7 dígitos);
- *NEXPLOT* = bocas de rega (campo composto por 3 dígitos);
- *EXPLOTACIO* = parcelas dominadas por uma boca de rega (campo composto pelos campos *Agrupacion e Nexplot*);
- *ID_REG* = identificador do padrão de rega;
- *AREA_NETA* = área regável de cada parcela.

Campo *AGRUPACIO*

O campo *AGRUPACIO* corresponde às parcelas dominadas por um hidrante, ou seja, todas as parcelas que são servidas por um mesmo hidrante vão ter este campo igual. Para preencher este campo, opta-se por colocar a informação presente no campo *HIDRANTE*. Como o campo *AGRUPACIO* apresenta uma especificação quanto ao número de caracteres, é necessário aplicar a seguinte função:

$$[HIDRANTE] \& \text{LEFT} (" -0000", 7 - \text{LEN} ([HIDRANTE])) \quad (5.1)$$

O registo do campo *HIDRANTE* que apresenta menos caracteres é composto por 2 dígitos e para o campo *AGRUPACIO* são necessários 7 caracteres, logo:

$$7 - 2 = 5$$

O máximo de caracteres que se acrescenta, para cada registo são 5

o que explica ("-0000")

Depois é efetuada uma contagem do número de caracteres presente no campo *HIDRANTE* através da função *Len* (LEN [*HIDRANTE*]).

Subtrai-se o número de caracteres que se pretende atingir (7) e o número de caracteres do campo *HIDRANTE*. O valor que retornar desta subtração ($7 - \text{LEN} [\textit{HIDRANTE}]$) corresponde ao número de caracteres da *string* '-0000' que são adicionados ao campo *HIDRANTE*, considerando os caracteres da esquerda para a direita, através da função *LEFT*.

Depois é efetuada uma concatenação entre o campo *HIDRANTE* e a *string* resultante da função *LEFT*.

Campo *NEXPLOT*

O campo *NEXPLOT* identifica cada boca de rega e recebe a informação presente no campo *BOCA_REGA*. Como este campo apenas possui um caracter e o campo *NEXPLOT* necessita de três caracteres, aplica-se uma concatenação da seguinte forma:

"00"& *BOCA_REGA*

Campo *EXLOTACIO*

O campo *EXLOTACIO* diz respeito às parcelas dominadas por uma boca de rega, sendo composto da seguinte forma:

AGRUPACIO:NEXPLOT

Desta forma, aplica-se a seguinte concatenação:

AGRUPACION&”:.”&NEXPLOTT

Campo *ID_REG*

O campo *ID_REG* é preenchido de acordo com os padrões de rega definidos no ponto 5.3.2.2.

Campo *AREA_NETA*

Outro dos campos que é necessário preencher diz respeito ao campo *AREA_NETA*, que corresponde à área regável de cada parcela. Inicialmente define-se para este campo o valor presente no campo *SHAPE_AREA* uma vez que as parcelas que são introduzidas no SIGOPRAM não contemplam áreas não regáveis. Numa fase posterior do estágio tem-se conhecimento de que o projetista utiliza 90% da área de cada parcela, uma vez que considera que o equipamento de rega do agricultor nunca rega toda a área da mesma. Desta forma, utiliza-se no campo *AREA_NETA* 90% da área de cada parcela presente no campo *SHAPE_AREA*.

Para além dos campos referidos acima, executa-se o processo *Inicializa Capa parcelas* que preenche o campo *ID_HID* com o valor ‘-1’, o campo *ID_PAR* com o valor presente no campo *OBJECTID*, o campo *ABASTECIDA* com o valor ‘NO’ e o campo *TOMA* com o valor ‘NO’. É necessário a execução deste processo para que posteriormente, ao desenhar a rede, possam ser associados a cada parcela, o hidrante e a boca de rega respetiva.

5.3.2.2. Definição das necessidades hídricas

Depois de efetuar a passagem da informação do tema Unidades de Rega do SIG da EDIA para o tema Parcelas do SIGOPRAM, e efetuar o preenchimento de alguns campos que compõem a estrutura de dados do SIGOPRAM, é necessário identificar o tipo de ocupação cultural de cada parcela, de forma a determinar as necessidades hídricas associadas. Para isso, recorre-se ao projeto de execução da rede em estudo, onde é possível adquirir essa informação. De acordo com EDIA (2006c) a rede é dimensionada tendo em conta dois tipos diferentes de ocupação cultural: a primeira é referente a todo o perímetro de rega Alvito-Pisão e a segunda é utilizada especificamente nas zonas de olival e vinha dos sub-blocos Vidigueira 1 e Cuba Este 1.

A primeira ocupação cultural que se considera para todo o bloco Alvito-Pisão diz respeito à Rotação ‘B’, uma ocupação cultural “fictícia”, representativa dos vários sistemas culturais que podem existir no bloco de rega. A Rotação ‘B’ apresenta as seguintes ponderações para cada cultura:

Tabela 5.1 – Modelo de ocupação cultural adotado

Sistema Cultural	Área ocupada (%)
Milho	30,0
Culturas industriais	30,0
Girassol	20,0
Trigo	20,0

Fonte: (EDIA,2006c)

Relativamente à segunda ocupação cultural identificada, vinha e olival, utilizam-se as dotações (necessidades hídricas) relativas a estas culturas.

Depois de identificadas as ocupações culturais que podem existir na área de estudo, é necessário identificar as necessidades hídricas de cada uma, e adaptar essa informação à estrutura de dados da aplicação SIGOPRAM.

De acordo com EDIA (2006c), as necessidades hídricas para a rede secundária, considerando as ocupações culturais Rotação ‘B’ e Vinha e Olival, tendo em conta os métodos de rega a aplicar e as eficiências de rega, são as seguintes:

Tabela 5.2 – Necessidades hídricas na rede secundária (m³/ha)

	Ano médio		Ano crítico	
	Julho	Anual	Julho	Anual
Restante Perímetro de Rega	2320	6830	2484	7481
Sub-blocos da Vidigueira 1 e de Cuba Este 1 (zonas de Vinha e Olival)	959	2633	1102	3057

Fonte: (EDIA,2006c)

O valor referente às necessidades hídricas para o mês de julho é especificado, uma vez que, para ambas as ocupações culturais é considerado o mês mais crítico e que requer maiores quantidades de água.

Na aplicação SIGOPRAM é possível definir as necessidades de rega mensais para várias zonas, através da ferramenta Padrões de Rega, tabela *Dotaciones* (Anexo 1).

Na tabela *Dotaciones* adiciona-se dois novos registos, um referente à ocupação cultural Rotação ‘B’ e outro registo referente à ocupação cultural Vinha e Olival, com o campo *ID* igual a ‘10’ e ‘11’ respetivamente, como se pode visualizar na Tabela 5.3. É necessária a criação destes dois registos, porque as duas ocupações culturais apresentam necessidades hídricas diferentes.

Tabela 5.3 – Preenchimento das necessidades hídricas para as duas ocupações culturais identificadas – (Adaptação tabela *Dotaciones* – SIGOPRAM)

ID	Dotación	ENE	FEV	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
10	Rotacao B	10	40	90	400	700	1000	2484	2000	700	500	0	10
11	Vinha Olival	30	30	40	60	100	500	1102	900	200	100	70	20

Nesta tabela, para os dois tipos de ocupação cultural, apenas são identificadas as necessidades de rega mensais para o ano crítico, mês de julho, de forma a considerar o pior cenário, em que as necessidades de água são as mais elevadas de todo o ano. Para isso, recorre-se aos dados presentes na Tabela 5.2 e atribui-se, para o registo Dotação ‘Rotação B’, para o mês julho a necessidade de rega mensal de 2484 (m³/ha), e para a Dotação mensal Vinha Olival, também para o mês de julho, a necessidade de rega mensal de 1102 (m³/ha). Os valores para os restantes meses não são utilizados no cálculo.

Em seguida, especifica-se informação mais detalhada para cada ocupação cultural, através da tabela *Padrones de Reg*, como as necessidades de rega, tempo de rega, CFC, caudal nominal.

Esta tabela está relacionada com a tabela *Dotaciones* através do campo *ID_DOTACIO*. No campo *Mês* ao escolher a opção julho, o SIGOPRAM permite calcular o CFC automaticamente, utilizando o valor presente no campo *JUL* da Tabela *Dotaciones*. A fórmula utilizada pelo SIGOPRAM para calcular o CFC é a seguinte:

$$CFC (l/s/ha) = \frac{Dotação\ Mensal}{30 \times 24 \times 3600} \times 1000 \quad (5.2)$$

Aplicação de um modelo de dimensionamento e simulação de redes de rega sob pressão em ArcMap

Como a fórmula considera 30 dias por mês, e pretende-se calcular o CFC tendo em conta 31 dias/mês, é necessário inserir o valor do CFC manualmente.

Para além do CFC, é possível fixar o horário de rega (horas de rega/dia, dias de rega) para cada padrão de rega definido, como se pode ver na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Tabela Padrões de Rega (Adaptação tabela *Padrones de Reg – SIGOPRAM*)*

<i>ID_REG</i>	RotB	RotB	VO
<i>ID_DOTACIO</i>	10	10	11
<i>Mês</i>	JUL	JUL	JUL
<i>CFC (l/s/ha)</i>	0,93	0,93	0,41
<i>Horas Riego /Dia</i>	16	20	16
<i>Dias de Riego</i>	6	6	6
<i>Area de Corte (m²)</i>	1	1	1
<i>Dot. Parcelas Mayores (l/s/ha)</i>	1,63	1,30	0,72
<i>Caudal Parcelas Menores (l/s)</i>	2,8	2,8	2,8
<i>Pres. Emissor (m)</i>	0	0	0
<i>Altura Emisor (m)</i>	0	0	0
<i>dH Filtro CP (m)</i>	0	0	0
<i>dH Reserva (m)</i>	0	0	0
<i>dH Valvula HV (m)</i>	0	0	0
<i>dH Filtro (m)</i>	0	0	0
<i>Error Topografico (m)</i>	1	1	1
<i>J Interna (m/m)</i>	0	0	0
<i>Mayoración Area (%)</i>	0	0	0
<i>Pluviom. Sistema de Riego (l/s/ha)</i>	0	0	0
<i>Sup Explot Min (m²)</i>	0	169000	0
<i>Sup Explot Max (m²)</i>	169000	99999999	99999999

* Valores arredondados à segunda casa decimal

Por exemplo, para a ocupação cultural Vinha Olival, sabe-se que são necessários aproximadamente 0,41 l/s/ha para satisfazer a cultura no mês mais exigente. Através do horário de rega estipulado pelo projetista, é possível identificar o caudal específico da ocupação cultural a que corresponde, à quantidade de água que o agricultor necessita para regar por exemplo, 16h/dia, durante 6 dias/semana, em vez das 24 horas/dia durante 7 dias/semana. Desta forma, adapta-se o caudal que cada cultura exige (CFC) a um horário de rega.

São criados dois padrões de rega para a ocupação cultural Rotação ‘B’, identificados no campo *ID_REG* por ‘RotB’, uma vez que as parcelas com esta ocupação cultural apresentam um grau de liberdade diferente, de acordo com a sua dimensão.

Como é possível visualizar no Anexo 4, as parcelas com áreas até 16,9 ha apresentam um grau de liberdade de 1,8 e as parcelas com áreas maiores que 16,9 ha apresentam um grau de liberdade de 1,4. Isto significa que as parcelas com áreas de 0 a 16,9 ha podem regar 1,8 vezes mais do que o valor presente no campo *Dot. Parcelas Mayores*, e as parcelas com áreas superiores a 16,9 há, podem regar 1,4 vezes mais do que o valor presente no campo *Dot. Parcelas Mayores*. Esta delimitação da área é definida no campo *SupExplot Min* (m²) e *SupExplot Max* (m²) definindo para o primeiro registo do campo *ID_REG* 'RotB' um intervalo de área de 0 a 169000 m² e para o segundo registo áreas superiores a 169000 m².

Através do campo *Area de Corte*, define-se o caudal que cada parcela recebe, se a área da parcela for menor ou igual ao valor presente no campo *Area de Corte*, a parcela beneficia do caudal presente no campo *Caudal parcelas Menores* (l/s), caso contrário beneficia do caudal presente no campo *Dot. Parcelas Mayores* (l/s/ha). Este campo armazena um valor de área que efetua a separação entre as parcelas que recebem o caudal em l/s, e as parcelas que recebem o caudal em l/s/ha, de acordo com a área associada.

A diferença entre estes dois campos reside no seguinte: o campo *Caudal Parcelas Menores* apresenta as unidades de medida em l/s, o que significa que o valor do caudal é fixo, independente da dimensão da área da parcela. O campo *Dot. Parcelas Mayores* permite efetuar a proporção entre o caudal e a área da parcela, ou seja, à medida que a área da parcela aumenta, o caudal que lhe é disponibilizado também aumenta, em proporção.

Para o registo 'RotB' com uma área compreendida entre 0 e 16,9 ha, define-se no campo *Area de corte* o valor de 1m², o que significa que as parcelas que têm até 1 m² vão receber um caudal de 2,8 l/s, e as parcelas que possuem entre 1 m² e 169000 m² vão beneficiar de um caudal de aproximadamente 1,63 l/s/ha. Utiliza-se um valor para o campo *Área de Corte* tão baixo, porque se pretende apenas utilizar o caudal presente no campo *Dot. Parcelas Mayores*, para que o caudal debitado seja proporcional à área da parcela, evitando assim um valor de caudal fixo. O valor 2,8 l/s presente no campo *Caudal parcelas Menores* é retirado da tabela presente no Anexo 4, mas não é aplicável, uma vez que não existem parcelas com áreas inferiores a 1 m².

Relativamente ao preenchimento do campo *Dot. Parcelas Mayores*, existem várias tentativas de forma a conseguir representar da melhor forma possível, os dados que são utilizados pelo

projetista da rede em estudo. Opta-se por definir o caudal específico (l/s/ha) calculado da seguinte forma:

$$\text{Caudal específico (l/s/ha)} = \frac{\text{CFC (l/s/ha)} \times 604800 \text{ s}}{345600 \text{ s}} \quad (5.3)$$

CFC= 0,93 l/s/ha (horário de rega de 7 dias/semana, 24/dia = 604800 segundos/semana). De acordo com a Equação (5.3) resulta o caudal específico para um horário de rega definido: 6 dias, 16 horas/dia = 345600 segundos/semana.

No padrão de rega ‘RotB’, as parcelas com áreas até 169000 m² que apresentam um grau de liberdade de 1,8, têm no campo *Dot. Parcelas Mayores* um caudal específico de aproximadamente 1,63 l/s/ha e as parcelas que apresentam um grau de liberdade de 1,4 têm um caudal específico de aproximadamente 1,30 l/s/ha.

Relativamente à ocupação cultural Vinha Olival, identificada com o registo *ID_REG* igual a ‘VO’, cria-se um único registo uma vez que as classes de bocas de rega utilizadas para esta ocupação cultural (Anexo 5) possuem um único grau de liberdade. O valor inserido no campo *Dot. Parcelas Mayores* também é referente ao caudal específico, de cerca de 0,72 l/s/ha.

Relativamente ao horário de rega, encontra-se definido no projeto de execução, que o tempo máximo de utilização das bocas de rega no período de ponta seria de 16h/dia, na pequena e média propriedade, e 20h/dia na grande propriedade, durante 6 dias/semana, e as parcelas com a ocupação Vinha Olival seriam regadas durante 16h/dia, uma vez que apresentam um grau de liberdade superior.

São consideradas como pequena e média propriedade, parcelas com áreas máximas de 15 ha, e grande propriedade, para parcelas com áreas superiores. Neste caso de estudo, uma vez que se atribui padrões de rega diferentes para parcelas com a ocupação cultural Rotação ‘B’, de acordo com o grau de liberdade, efetua-se uma distinção do horário de rega, com base nesse mesmo parâmetro. Ou seja, atribui-se o horário das parcelas de pequena e média propriedade, para as parcelas que apresentam um grau de liberdade de 1.8, com um intervalo de área de 0 a 196000 m², e o horário das parcelas de grande propriedade, para as parcelas que apresentam um grau de liberdade de 1.4, com áreas superiores a 196000 m². Relativamente à ocupação

cultural Vinha Olival, atribui-se o horário de rega de acordo com EDIA (2006c) de 16h/dia, 6 dias/ semana.

Depois de identificadas e especificadas as necessidades hídricas para cada ocupação cultural, associa-se cada padrão de rega definido, para cada uma das parcelas do tema Parcelas. Esta associação é efetuada através do campo *ID_REG* do tema Parcelas, que armazena a informação presente no campo *ID_REG* da Tabela *Padrones de Rega*.

Para identificar a ocupação cultural para cada parcela, recorre-se à carta de uso dos solos (*Corine Land Cover 2006*) existente no SIG da EDIA, de forma a visualizar as parcelas que apresentam a ocupação cultural, Vinha e Olival. Para as restantes parcelas define-se a ocupação cultural Rotação 'B'.

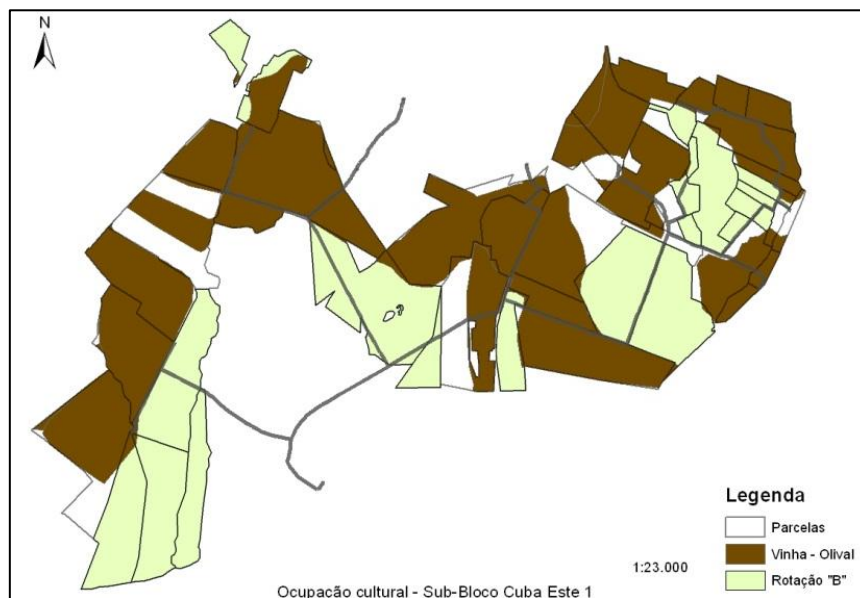


Figura 5.6 – Ocupação cultural presente no sub-bloco Cuba Este 1

Para as parcelas que apresentam mais de metade da sua área com a ocupação cultural Vinha e Olival, atribuem-se as necessidades hídricas do padrão de rega Vinha Olival. Para as parcelas que possuem menos de metade da sua ocupação cultural Vinha e Olival, atribuem-se as necessidades hídricas do padrão de rega Rotação 'B'.

5.3.3. Desenhar a rede

Depois do tema Parcelas possuir toda a informação exigida pela estrutura de dados do SIGOPRAM, passa-se para a próxima fase, o desenho da rede de rega.

Com este objetivo, recorre-se novamente ao SIG da EDIA, de forma a adquirir a informação geográfica referente às condutas, hidrantes e bocas de rega, para desenhar a rede no SIGOPRAM, tendo como base a rede existente no SIG da EDIA.

Para desenhar a rede é necessário que os seguintes campos estejam preenchidos:

- *ID_PAR = OBJECYID*
- *ID_HID = '-1'*
- *ABASTECIDA = 'NO'*
- *TOMA = 'NO'*
- *AGRUPACION*
- *NEXPLOT*
- *EXPLOTACION = AGRUPACION: NEXPLOT*
- *AREA_NETA*
- *ID_REG*

A vectorização da rede é feita à escala 1:1000, tendo sido iniciada à saída da estação elevatória, de forma a desenhar a rede de forma simplificada.

O *layer* utilizado no SIGOPRAM designado Modo SIGOPRAM utiliza uma simbologia para o tema Parcelas, com base em dois campos: *ABASTECIDA* e *TOMA*. O campo *ABASTECIDA* pode possuir o valor 'SI' ou 'NO', se a parcela estiver ou não um hidrante associado e o campo *TOMA* pode possuir o valor 'SI' ou 'NO', se a parcela tiver ou não uma boca de rega associada. A simbologia apresenta três combinações possíveis:

- 'NO','NO' significa que a parcela não possui nenhum hidrante ou boca de rega – é atribuída a cor rosa às parcelas;
- 'SI','NO' significa que a parcela possui um hidrante, mas não tem boca de rega associada – é atribuída a cor amarela às parcelas;
- 'SI','SI' se a parcela tiver hidrante e boca de rega associada – é atribuída a cor verde às parcelas.

Antes de iniciar o desenho da rede de rega, os registos do tema Parcelas não possuem nenhum hidrante ou boca de rega associado, apresentando a simbologia indicada na Figura 5.7.

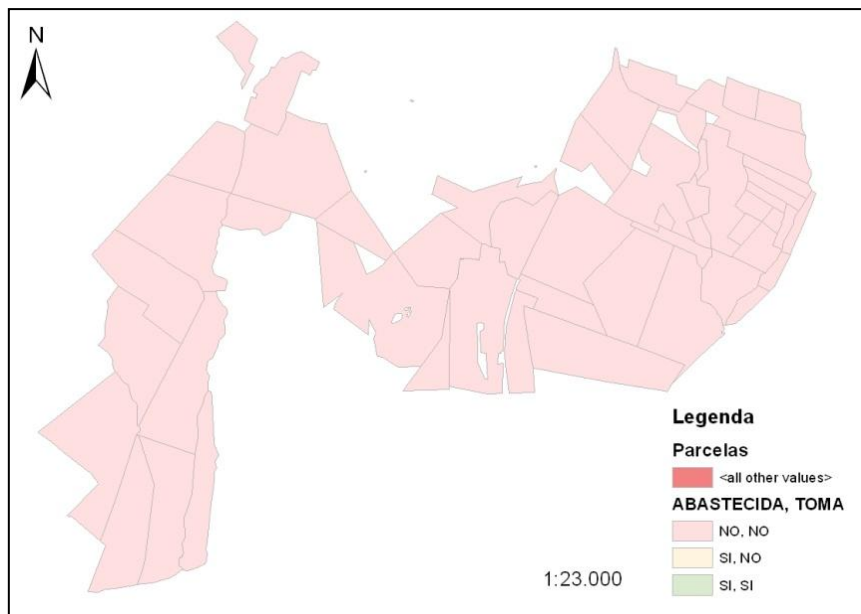


Figura 5.7 – Tema Parcelas - Campo *ABASTECIDA* = ‘NO’; Campo *TOMA* = ‘NO’

O desenho da rede é iniciado através da ferramenta *Extender Red*, presente na barra de ferramentas principal, que desenha os troços principais da rede secundária.

Depois das condutas principais desenhadas, são inseridos os hidrantes e bocas de rega, através das ferramentas *Inserir Nodo Hidrante* e *Colocar Nodos Toma*³ respetivamente, sendo que os hidrantes são inseridos no tema *Nodos* no campo *TIPUS* com a designação de ‘HID’ e as bocas de rega com a designação de ‘TOM’.

Como é possível observar na Figura 5.8, depois de adicionar um hidrante a uma parcela, a mesma fica com a cor amarela, ou seja, o campo *ABASTECIDA* passou a ter o valor ‘SI’. Ao inserir um hidrante numa parcela, o SIGOPRAM através de uma relação espacial de interseção, associa o hidrante à parcela onde o mesmo é colocado, e preenche no tema Parcelas o valor ‘SI’ no campo *ABASTECIDA*, e no campo *ID_ARQUETA* coloca o identificador do hidrante presente no campo *IDNODE* do tema *Nodos*.

³ ‘TOM’ é a abreviatura de *Toma*, que significa boca de rega em espanhol

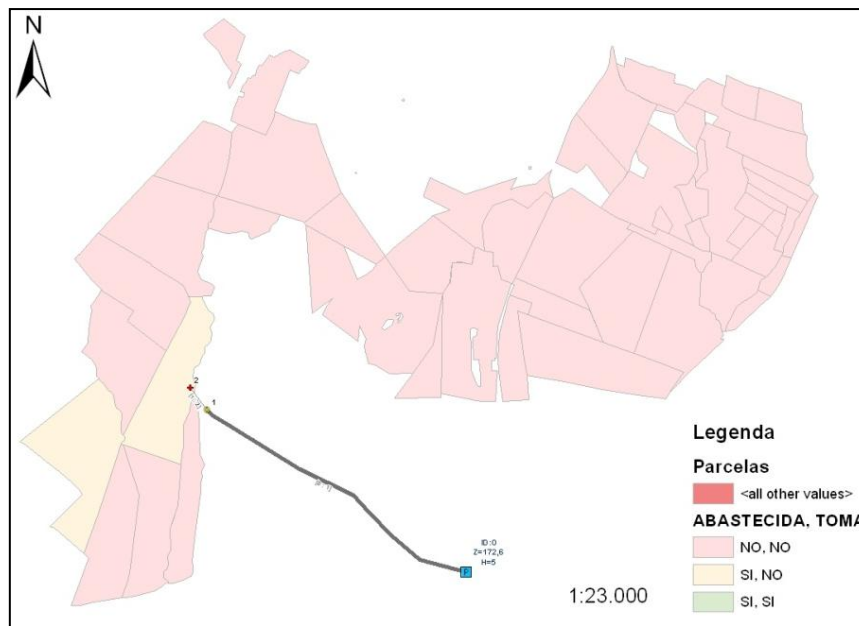


Figura 5.8 – Tema Parcelas - Campo *ABASTECIDA* = ‘SI’; Campo *TOMA* = ‘NO’

É possível também visualizar na Figura 5.8, que existem duas parcelas que passam a ter o campo *ABASTECIDA*, igual a ‘SI’, isto porque o campo *AGRUPACIO* apresenta a mesma informação, e o SIGOPRAM interpreta que essas duas parcelas são servidas pelo mesmo hidrante.

Ao inserir uma boca de rega à parcela, o campo *ID_HID* da *feature class* Parcelas é preenchido com o identificador da boca de rega, e o campo *TOMA* é preenchido com o valor ‘SI’, como se pode visualizar na Figura 5.9.

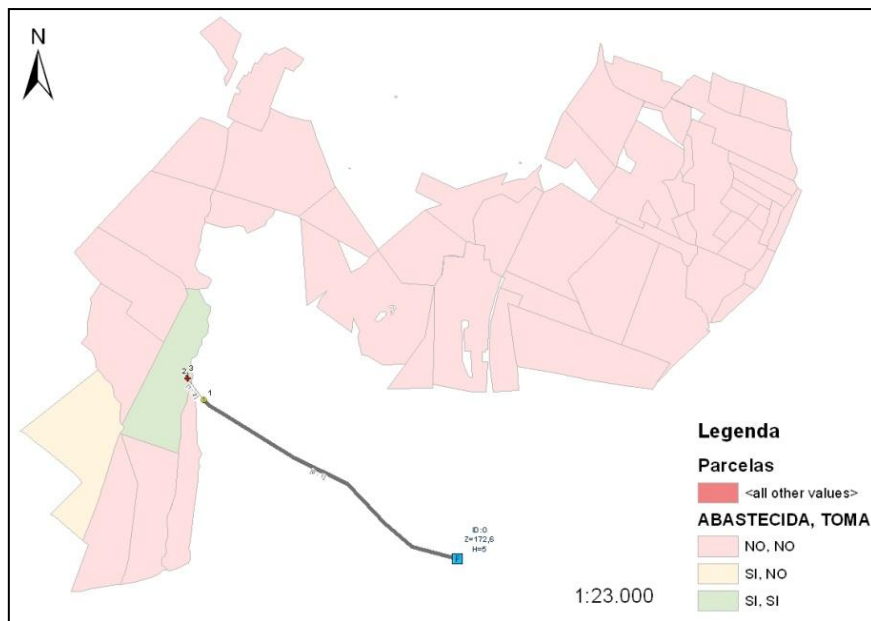


Figura 5.9 – Tema Parcelas - Campo *ABASTECIDA* = 'SI'; Campo *TOMA* = 'SI'

No terreno, as bocas de rega estão incorporadas no hidrante, mas na aplicação não é possível efetuar essa representação. A solução adotada consiste em colocar a boca de rega bastante próxima do hidrante, para que o arco que efetua a ligação entre ambos seja o mais pequeno possível, para que, na fase do dimensionamento da rede, os resultados não sejam afetados.

Nesta fase de trabalho surgem alguns problemas na inserção de hidrantes e bocas de rega, porque a estrutura da aplicação não permite representar algumas situações que estão presentes na rede de rega do sub-bloco Cuba Este 1. De acordo com a estrutura do SIGOPRAM, uma parcela não pode ter mais do que um hidrante e uma boca de rega, e os mesmos apenas podem ser inseridos no interior da parcela, mas no entanto, existem parcelas pertencentes ao sub-bloco Cuba Este 1 que não cumprem estes critérios, como:

- duas bocas de rega para uma parcela. A solução encontrada para esta situação é a seguinte:
 - dividir o polígono da parcela que tem as duas bocas de rega em dois, através da ferramenta “*Cut Polygons Tool*”, de modo que os dois polígonos tenham áreas semelhantes;
 - preencher o campo *AREA_NETA* para os dois novos polígonos, correspondendo a metade da área do polígono original;
 - o campo *AGRUPACION* mantém-se igual, se as parcelas forem servidas pelo mesmo hidrante;

- o campo *NEXPLOT*, e por consequente o campo *EXPLOTACION* são alterados, porque os dois polígonos são servidos por bocas diferentes;
 - o campo *ID_PAR* não pode ser igual para os dois polígonos, sendo necessário atribuir-lhes *ID_PAR* diferentes.
- quando um hidrante pertence a uma parcela mas está fora dela. Nestas situações, geralmente a boca de rega debita água para uma pequena barragem e o agricultor transporta a água da charca para a sua parcela, através do seu equipamento de rega. Dado que o SIGOPRAM só permite criar hidrantes e bocas de rega dentro de uma parcela, opta-se pela seguinte solução:
 - criar um pequeno polígono com cerca de 1 m²;
 - efetuar um *merge* entre o novo polígono criado e o polígono correspondente à parcela onde se pretende associar o hidrante e boca de rega, de forma a obter uma geometria do tipo *Multipolygon*. Assim, os dois polígonos funcionam como um só;
 - adicionar o hidrante e boca de rega ao pequeno polígono.

Depois da rede desenhada com hidrantes e bocas de rega, é observado, através da ferramenta Informação Nós – Perfil que a rede tem poucos nós, uma vez que os arcos não acompanham a cota do terreno, como é possível visualizar na Figura 5.10.

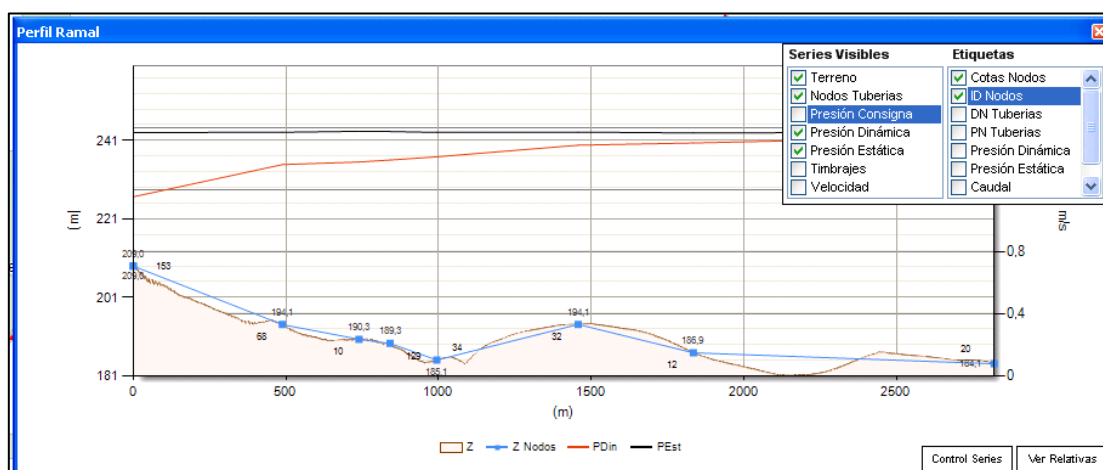


Figura 5.10 – Visualização do perfil longitudinal

A linha a azul representa a cota dos nós da rede, e a linha castanha a cota do terreno. Desta forma, é necessário criar mais nós na rede, de forma a “agarrar” os arcos ao terreno. A inserção dos nós na rede é efetuada, utilizando a mesma ferramenta (Informação Nós –

Perfil), que, para além de traçar perfis longitudinais, permite a inserção de nós do tipo ‘NOD’ para os perfis longitudinais traçados, como se pode visualizar na Figura 5.11.

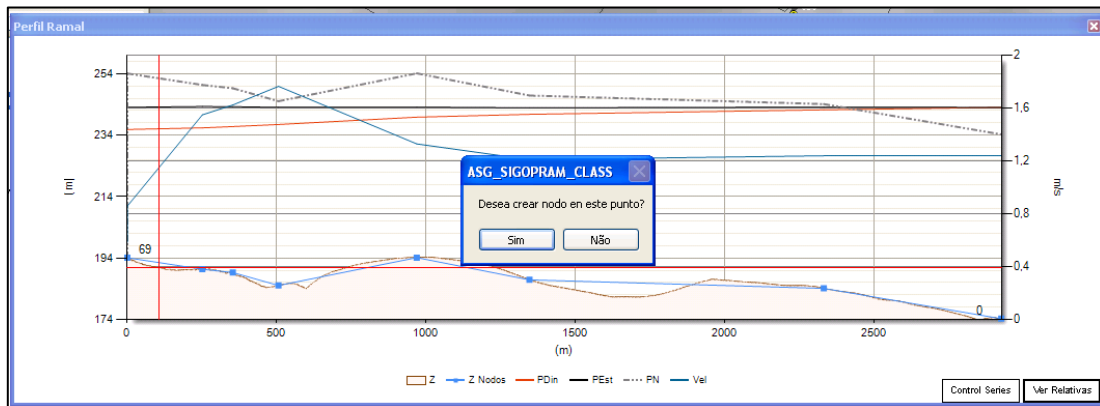


Figura 5.11 – Inserção de nós na rede através da ferramenta Informação (Nós)

A rede final (Figura 5.12) apresenta 144 nós do tipo ‘NOD’, 51 nós do tipo ‘TOM’, 33 nós do tipo ‘HID’ e um nó do tipo ‘RES’, que representa o reservatório da rede.

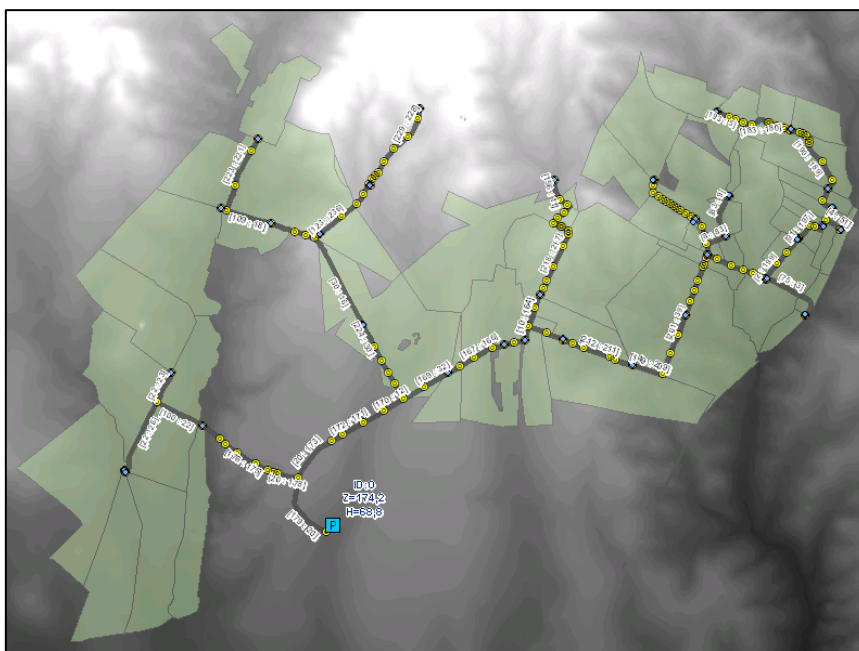


Figura 5.12 – Rede final desenhada através das ferramentas de edição do SIGOPRAM

Depois do desenho da rede estar finalizado, o próximo passo é definir as pressões objetivo, para cada boca de rega, ou seja, estabelecer a pressão necessária que cada boca tem que possuir, para conseguir regar a área da sua parcela. Esta informação relativa às pressões objetivo, bem como a informação sobre as necessidades hídricas de cada parcela, é definida

para posteriormente se efetuar o dimensionamento da rede, ou seja, é parte da informação de entrada, para que o dimensionamento da rede possa ser executado.

5.3.4. Definição das pressões objetivo

A informação relativa à pressão objetivo ou pressão mínima, a garantir em cada parcela, é adquirida através do projeto de execução da rede em estudo. Para definir qual a pressão mínima que cada boca deve possuir, é necessário saber em primeiro lugar a dimensão da parcela que a boca serve, uma vez que, parcelas com áreas superiores exigem uma pressão superior na boca de rega, comparativamente com parcelas mais pequenas, em que a água não necessita de apresentar uma pressão tão elevada para chegar a todas as zonas da parcela.

De acordo com EDIA (2006c), as unidades de rega são divididas, de acordo com a sua dimensão em duas categorias:

- grande propriedade – unidades de rega com áreas máximas de 65 ha; e
- pequena propriedade – unidades de rega com áreas máximas de cerca de 5 ha, agrupando um máximo de 6 agricultores.

Sabe-se também, através da mesma fonte de informação, que a pressão mínima a garantir a jusante das bocas de rega, tendo em conta os sistemas de rega que se preveem serem adotados, é de 40 m.c.a, para as parcelas consideradas grande propriedade. Nestes casos, admite-se uma perda de carga máxima no conjunto hidrante – boca de rega de 3 m.c.a, considerando assim que a pressão mínima à entrada do hidrante deve ser de 43 m.c.a. Para as parcelas consideradas de pequena propriedade, a pressão mínima à saída do hidrante deve ser de 35 m.c.a.

Para definir a pressão objetivo em cada boca de rega utiliza-se o campo P_{MIN} do tema *Nodos* para os nós do tipo ‘TOM’, uma vez que a pressão que se pretende considerar, corresponde à pressão à saída da boca de rega. Para as parcelas com áreas menores ou iguais a 5 ha (pequena propriedade), define-se uma pressão objetivo de 35 m.c.a, e para as parcelas com áreas superiores a 5 ha e áreas menores ou iguais a 65 ha (grande propriedade), define-se uma pressão objetivo de 40 m.c.a. Para a perda de carga de 3 m.c.a, que se faz sentir no conjunto hidrante – boca de rega, é não possível defini-la através do DIOPRAM, sendo que, o processo

utilizado para que a mesma seja considerada no modelo de dimensionamento, encontra-se descrito no capítulo 5.3.5.2.

Como referido no ponto 5.3.3, o desenho da rede inicia-se à saída da estação elevatória, com uma pressão de água de $6,88 \text{ kgf/cm}^2$, equivalente a uma altura manométrica de 68,8 m.c.a, valor definido no campo P_{MIN} para o nó do tipo ‘RES’.

No projeto de execução, refere-se ainda, que ficou acordado com a EDIA, ser aceitável a existência de algumas bocas de rega que não apresentem a pressão mínima, de forma a não sobredimensionar toda a rede, devido a algumas zonas mais desfavoráveis. Neste caso de estudo, as bocas que não apresentam a pressão suficiente, são detetadas e identificadas no capítulo 6, referente à discussão dos resultados obtidos.

5.3.5. Dimensionamento da rede de rega

Para efetuar o dimensionamento de uma rede de rega, é necessário “...assegurar o transporte de determinados caudais que conduzam a uma solução global equilibrada, quer em termos de custo, quer do ponto de vista das condições de funcionamento” (EDIA, 2006c).

A rede de rega em estudo apresenta um sistema de distribuição a pedido, em que o agricultor pode utilizar a água quando, como e durante o tempo que quiser, mas com uma limitação do caudal máximo (Paulo e Azevedo, 2010).

“O caudal máximo atribuído a cada boca de rega é definido tendo em consideração a ocupação cultural e a dimensão da área da parcela beneficiada. No entanto, este caudal tem que ser superior ao CFC de forma a fornecer ao agricultor um certo grau de liberdade⁴ na programação da rega” (EDIA, 2006c, p.33). Desta forma, uma vez que o caudal nominal é superior ao CFC, o tempo de funcionamento das bocas de rega é inferior a 24 horas/dia e assim, é muito pouco provável que todas as bocas de rega existentes na rede se encontrem em funcionamento simultâneo.

Desta forma, as redes de rega para a distribuição a pedido, são dimensionadas com base em modelos probabilísticos, segundo a metodologia proposta por Clément (1ª fórmula de

⁴ Relação entre o caudal nominal atribuído a cada boca de rega e o CFC

Clément) utilizada para o dimensionamento da rede de rega em estudo. De acordo com esta metodologia, “...se numa rede a pedido o utilizador é livre quanto à oportunidade de rega, então os caudais circulantes em cada troço serão variáveis aleatórias, podendo ser definidos em função de uma determinada probabilidade de ocorrência” (EDIA,2006d).

Desta forma, o dimensionamento da rede de rega é efetuado para o caudal resultante do funcionamento de um determinado número de bocas de rega, inferior ao total, que permite obter uma solução global mais equilibrada em termos de custos e da qualidade de funcionamento da rede (EDIA, 2006d).

De acordo com EDIA (2006c), estes são os parâmetros mais importantes para o dimensionamento das redes de rega com distribuição a pedido:

- duração do período de ponta: nº total de horas no mês de ponta;
- tempo máximo de utilização das bocas de rega no período de ponta;
- rendimento de utilização da rede;
- probabilidade média de abertura das bocas de rega – probabilidade de funcionamento de cada boca de rega, definida em função do CFC, do caudal das bocas de rega, rendimento de utilização e nº de bocas de rega;
- modelo probabilístico a adotar e distribuição binominal;
- qualidade de funcionamento.

A qualidade de funcionamento corresponde à probabilidade de conseguir satisfazer os caudais solicitados à rede para todas as bocas de rega. No projeto de execução da rede de rega, está definido que os troços que dominam até 5 bocas de rega, apresentam uma qualidade de funcionamento de 100%, e para os restantes troços, uma qualidade de funcionamento entre 99 e 95%.

5.3.5.1. Cálculo do caudal de dimensionamento da rede

O cálculo do caudal de dimensionamento da rede em estudo, é efetuado com base na 1ª fórmula de Clément, apresentada por (Clement e Galland 1979) citados em (Oliveira, 2011).

A 1ª fórmula de Clément segue uma metodologia de base probabilística, segundo o princípio de que, num conjunto total de R bocas de rega, o número de bocas abertas simultaneamente pode ser descrito segundo uma distribuição binomial, por uma sucessão de experiências

aleatórias independentes, nas quais se observa a realização ou não de um determinado acontecimento de probabilidade p . Considerando que as bocas de rega são variáveis independentes a funcionar de forma aleatória, a probabilidade média de abertura, p , de cada boca de rega pode ser obtida através da seguinte expressão (Lamaddalena e Sagardoy, 2000):

$$p = \frac{cfc \times A}{r \times R \times q_n} \quad (5.4)$$

Em que:

p = probabilidade de abertura média das bocas de rega;

cfc = caudal fictício contínuo (l/s/ha);

A = área (ha);

r – rendimento médio de utilização (%);

R = número de bocas de rega;

q_n = caudal nominal das bocas de rega (l/s)

O rendimento médio de utilização, r , corresponde ao quociente entre o tempo máximo de utilização da rede durante o período de ponta e a duração do período de ponta. Este parâmetro procura ter em consideração o comportamento, não totalmente aleatório dos regantes, estando o seu valor dependente das características agrícolas, sociais e económicas da zona, e do método de rega a utilizar, não apresentando deste modo qualquer significado físico. Na forma teórica, o valor a atribuir a este parâmetro varia consoante as características das bocas de rega, sendo habitual a definição de um valor constante para toda a rede.

Segundo a 1ª fórmula de Clément, a probabilidade de num total de R bocas de rega se encontrarem N em funcionamento simultâneo é dado por (Oliveira, 2011):

$$Pq = \sum_{i=0}^{i=N} C_r^i \times p^i \times q^{R-i} \quad (5.5)$$

Em que:

C_r^i = número de combinações de N objetos;

Pq = qualidade de funcionamento (%);

$Q = (1 - p)$ = probabilidade de encontrar uma boca de rega fechada

Esta metodologia admite a aproximação da distribuição Binomial (distribuição discreta) à distribuição Normal (distribuição contínua) para um número elevado de bocas de rega. Desta forma, o número de bocas abertas em funcionamento simultâneo é dado por (Lamaddalena e Sagardoy, 2000; Rodrigues *et al.*, 2011):

$$N = R \times p + U(Pq) \times \sqrt{R \times p \times q} \quad (5.6)$$

Onde: $U(Pq)$ tem uma distribuição normal, correspondente à qualidade de funcionamento desejada.

Para os casos em que num determinado troço, as bocas de rega apresentam todas o mesmo caudal, o caudal de dimensionamento para esse troço é determinado através da seguinte expressão:

$$Q = R \times p \times qd + U(Pq) \times \sqrt{R \times p \times q \times qd^2} \quad (5.7)$$

Para os casos em que a rede apresenta conjuntos heterogéneos de bocas de rega, agrupadas em tornos de classes, como é o caso da rede em estudo, o caudal de dimensionamento é dado por:

$$Q = \sum_{i=0}^n R_i \times p_i \times qd_i + U(Pq) \times \sqrt{\sum_{i=0}^n R_i \times p_i \times q_i \times qd_i^2} \quad (5.8)$$

Esta expressão corresponde à 1ª fórmula de Clément, com generalização para o caso de bocas de rega heterogéneas (Lamaddalena e Sagardoy, 2000).

5.3.5.2. Utilização do DIOPRAM no dimensionamento da rede de rega

O dimensionamento da rede de rega é efetuado através do DIOPRAM, com base nos princípios definidos anteriormente.

Para efetuar o dimensionamento da rede em estudo, através deste *software*, é necessário definir a qualidade de funcionamento desejada. Por defeito, o DIOPRAM atribui uma garantia de fornecimento de 99% para ramais que apresentam um número inferior ou igual a 50 bocas de rega, e uma garantia de fornecimento de 95% para ramais que apresentem mais do que 50

bocas. O utilizador apenas pode definir o número de bocas que quer para uma garantia de fornecimento de 100%, tendo-se definido, para essa garantia de fornecimento, ramais que apresentam até 5 bocas de rega, de acordo com EDIA (2006c). Outra informação passada ao DIOPRAM diz respeito ao CFC de referência, a duração do horário de rega e a velocidade mínima e máxima de dimensionamento nas condutas (Figura A1.49). Para o CFC de referência, atribui-se o valor relativo ao CFC presente no padrão de rega, para a Rotação 'B' (0,93 l/s/ha) e a duração do horário de rega de 16 horas. Uma vez que o DIOPRAM não permite dimensionar áreas com diferentes CFC e horários de rega, a solução adotada pelo *software* consiste em comparar o valor do CFC e duração do horário de rega de referência, com a mesma informação definida para todos os padrões de rega. Para as parcelas que apresentam um CFC e/ou horário de rega diferente dos valores de referência, é aplicada uma correção da superfície através da equação (A1.14).

Opta-se por escolher como valores de referência, o valor de CFC do padrão de rega para a ocupação cultural Rotação 'B', e o horário de rega referente às parcelas com um grau de liberdade de 1.8, para que, nestes casos, não seja necessário efetuar a correção da superfície das parcelas. Essa correção apenas se aplica para as parcelas que apresentem uma ocupação cultural Rotação 'B' com um grau de liberdade de 1.4, e para as parcelas que apresentem uma ocupação cultural Vinha Olival.

Outra da informação passada ao DIOPRAM diz respeito à velocidade mínima e máxima para o dimensionamento das condutas, tendo-se definido, com base no projeto de execução (EDIA, 2006c) uma velocidade mínima de 0,5 m/s e uma velocidade máxima de 2 m/s.

Para além desta informação, o DIOPRAM necessita da informação relativamente ao caudal a fornecer a cada parcela. A definição do caudal pode ser feita através de duas formas, usando a tabela *Padrones de Reg* ou utilizando o campo *Q* do tema *Nodos*. Através da tabela *Padrones de Reg* o utilizador define o caudal em l/s ou l/s/ha associado a cada padrão de rega. No campo *Q* do tema *Nodos* é possível definir o caudal para cada boca de rega em m³/s. A informação presente no campo *Q* prevalece sobre a informação do caudal presente na tabela *Padrones de Reg*, ou seja, se este campo estiver preenchido, é essa a informação que é considerada para o dimensionamento, ignorando a informação presente no campo *Dotación Parcelas Mayores* ou do campo *Caudal Parcelas Menores* presentes na tabela *Padrones de*

Reg. A informação existente nesses dois campos só é considerada no dimensionamento, se o campo Q do tema *Nodos* estiver a 'Null'.

O primeiro dimensionamento efetuado para a rede em estudo baseia-se no caudal específico já definido no capítulo 5.3.2.2.

Ao executar o modelo de dimensionamento, o DIOPRAM emite uma mensagem de erro, referindo que a pressão ao início da rede não é suficiente. Isto significa que a pressão definida para o nó do tipo 'RES' de 68,8 m.c.a não é suficiente para resolver a rede, ou seja, essa pressão ao início da rede não é suficiente para garantir as pressões objetivo definidas para cada boca de rega. Para resolver este problema, aumenta-se a pressão ao início da rede através do campo *Presión* (DIOPRAM – *Datos Generales* – *Altura de cabeceira conocida*) até conseguir executar o modelo de dimensionamento.

A imagem mostra a janela de diálogo 'Datos Generales' do software DIOPRAM. A janela contém campos de texto para 'Título' e 'SubTítulo'. Abaixo, há uma aba 'Definición' com sub-abas 'Caudales', 'Datos de la Bomba' e 'Zanjas'. Na aba 'Definición', há opções para 'Nudo de Cabeceira' com radio buttons para 'Altura de cabeceira Conocida' (selecionada) e 'Altura de cabeceira Desconocida'. Campos de entrada incluem 'Cota' (174,245 m), 'Presión' (68,8 mca), 'Identificativo' (0), 'Coordenadas X' (0) e 'Coordenadas Y' (0). Na secção 'Datos Económicos', há campos para 'Volumen de Agua' (0,0 m³), 'Años Amort. Tuberías' (20) e 'Interés Amort. Tuberías' (12,0 %). Botões 'Aceptar' e 'Cancelar' estão na base da janela.

Figura 5.13 – Informação sobre a pressão ao início da rede - DIOPRAM

Para dimensionar a rede define-se uma pressão ao início da rede de 98,2 m.c.a, ou seja, aumenta-se a pressão ao início da rede mais 29,4 m.c.a relativamente à pressão original. Este acréscimo fictício de 29,4 m.c.a de pressão, é feito para que todas as bocas da rede atinjam a pressão objetivo, e assim conseguir resolver a rede. Depois gravam-se os resultados através da BD DIO.mdb, e efetua-se a importação dos mesmos para o SIGOPRAM, através da funcionalidade *Import DIOPRAM*.

O próximo passo é encontrar as bocas de rega que não recebem a pressão suficiente, considerando a pressão original ao início da rede de 68,8 m.c.a, através da identificação das bocas em que a pressão dinâmica é inferior à pressão objetivo.

Para isso, calcula-se a cota piezométrica para cada boca, tendo em conta a pressão objetivo definida, correspondendo à cota do terreno onde a boca está localizada (carga de elevação), mais a pressão objetivo definida (carga de pressão). Calcula-se também a cota piezométrica, tendo em conta a pressão dinâmica⁵ para cada boca de rega, sendo que o cálculo é efetuado da mesma forma, correspondendo à carga de elevação mais a carga de pressão, que corresponde à pressão dinâmica em cada boca de rega. Esta pressão é calculada considerando a pressão ao início da rede de 98,2 m.c.a. Assim, retira-se à pressão dinâmica o incremento atribuído à pressão ao início da rede, os 29,4 m.c.a. Desta forma, a cota piezométrica, considerando a pressão dinâmica, para uma pressão ao início da rede de 68,8 m.c.a é assim calculada:

$$\text{Cota piezométrica} = (\text{Coordenada Z} + \text{Pressão Dinâmica}) - 29,4 \quad (5.9)$$

Com base na cota piezométrica, identificam-se as bocas de rega que apresentam a pressão dinâmica inferior à pressão objetivo, ou seja:

$$\text{Défice pressão} = (\text{Cota piezométrica} - \text{Cota piezométrica } I^6) \quad (5.10)$$

Todos os valores negativos correspondem às bocas de rega que apresentam a pressão dinâmica inferior à pressão objetivo, identificadas no capítulo 6, Figura 6.23.

Assim, para conseguir dimensionar a rede com uma pressão ao início da rede de 68,8 m.c.a é necessário diminuir o valor da pressão objetivo, definido inicialmente.

A fórmula utilizada para diminuir a pressão objetivo é a seguinte:

$$\text{Nova pressão objetivo} = \text{Pressão objetivo} - (\text{Défice pressão}) \quad (5.11)$$

ou seja, é retirada à pressão objetivo definida inicialmente, a diferença entre a pressão dinâmica e a pressão objetivo.

Na Tabela 5.5 Tabela 5.5 é possível visualizar, para as bocas que não apresentam a pressão suficiente, a pressão objetivo definida inicialmente, a nova pressão objetivo e a pressão objetivo, definida pelo projetista.

⁵ pressão exercida pelo fluido em movimento

⁶ Coordenada Z + Pressão Objetivo

Tabela 5.5 – Nova pressão objetivo para as bocas de rega com défice de pressão*

IDNode	Pressão objetivo (m.c.a)	Nova pressão objetivo (m.c.a)	Pressão definida pelo projetista (m.c.a)
143	40	11,45	6,99
144	40	17,43	17,43
65	40	28,03	18,06
64	40	28,03	18,06
125	40	30,09	24,92
134	40	30,06	26,29
135	40	30,06	26,29
148	40	35,25	30,79
74	40	37,22	33,02
147	35	32,85	28,21
73	40	37,94	33,02

*Valores arredondados à segunda casa decimal

Estas bocas de rega correspondem às bocas de rega que não apresentam a pressão suficiente no dimensionamento efetuado pelo projetista, apresentando todas elas valores inferiores à pressão mínima objetivo, para qualquer boca, 35 m.c.a, podendo visualizar-se a sua localização na Figura 6.23.

Depois de alterada a pressão objetivo (utilizando valores do campo *Nova pressão objetivo*) para as bocas de rega referidas na Tabela 5.5, executa-se novamente o modelo de dimensionamento.

De forma a aproximar o mais possível, o dimensionamento efetuado pelo DIOPRAM ao dimensionamento efetuado pelo projetista, dimensiona-se a rede, definindo a pressão objetivo que o projetista define para as bocas que não apresentam pressão suficiente, presente no campo *Pressão definida pelo projetista* da Tabela 5.5.

Como referido anteriormente, a escolha das características das tubagens é efetuada pelo DIOPRAM, tendo como fonte de informação a Tabela de Tubagens (*Tabla de Tuberias*) disponibilizada pelo SIGOPRAM. Nessa tabela, houve a necessidade de alterar o valor referente ao coeficiente de rugosidade para o material PEAD, de acordo com o coeficiente de rugosidade que o projetista utilizou, 0,03 mm. Este coeficiente de rugosidade é utilizado para

calcular o fator de *Darcy – Weisbach*, que por sua vez é utilizado para calcular as perdas de cargas unitárias na rede através da seguinte fórmula:

$$J = \frac{fV^2}{2gD} \quad (5.12)$$

Em que:

f = Fator de *Darcy – Weisbach*;

V = velocidade (m/s);

g = aceleração da gravidade (m/s²);

D = diâmetro da conduta (m/s).

Os restantes materiais apresentam um coeficiente de rugosidade de 0,1 mm.

Através de uma análise aos dados resultantes do dimensionamento efetuado pelo projetista, verifica-se que o mesmo, para as bocas que se situam em ramais terminais, utiliza o caudal nominal para cada boca de rega.

Numa segunda iteração do dimensionamento da rede, atribuem-se caudais nominais para cada boca de rega de acordo com o Anexo 4 e Anexo 5, mantendo a garantia de fornecimento de 100%, para ramais com até 5 bocas, uma vez que é a informação que vem descrita na memória descritiva do projeto. A atribuição do caudal nominal para cada boca de rega é efetuada através do campo Q da *feature class Nodos*.

É de salientar que, a perda de carga de 3 m.c.a que se faz sentir no conjunto do hidrante – boca de rega definida no campo dH *Filtro CP* da tabela *Padrones de Reg* de rega, não é utilizada no dimensionamento da rede pelo DIOPRAM. Desta forma, é necessário aumentar a pressão objetivo no campo P_{MIN} , somando-lhe mais 3 m.c.a para que a rede seja dimensionada, tendo em conta as perdas de carga localizadas nos hidrantes. Depois do dimensionamento efetuado, e depois da importação dos dados para o SIGOPRAM ter sido efetuada, retira-se os 3 m.c.a adicionados à pressão objetivo, e também aos valores da pressão dinâmica, uma vez que é calculada com base na pressão objetivo.

No presente caso de estudo, considera-se o dimensionamento efetuado com o caudal nominal pelo DIOPRAM, pois é o resultado que mais se aproxima do dimensionamento efetuado pelo projetista.

Os resultados do dimensionamento são explorados no capítulo 6.

5.3.6. Calcular mapa de pressões disponíveis

Depois da rede ser dimensionada, com a consequente determinação de caudais, diâmetros, velocidades, pressões em cada troço, considera-se relevante apresentar a pressão da água em todas as áreas das parcelas, tendo em conta as pressões objetivo e pressões dinâmicas definidas.

O SIGOPRAM disponibiliza uma ferramenta que permite criar mapas em formato GRID⁷, que representam a distribuição da pressão objetivo ou pressão dinâmica, no interior das parcelas.

Através desses mapas, o utilizador consegue visualizar as zonas onde existe pressão suficiente para regar, e as zonas onde não é possível satisfazer os critérios de pressão definidos.

Para criar estes mapas de pressão, estabelecem-se dois cenários:

- Cenário 1 – pressão disponível no ponto mais desfavorável da rede terciária;

Neste cenário, pretende-se representar a pressão disponível na parcela, tendo em conta as perdas de carga que existem na rede secundária e na rede terciária, que corresponde ao sistema de rega do agricultor. Como existem vários sistemas de rega, calculam-se os mapas de pressão disponível, tendo em conta as características dos hipotéticos sistemas de rega mais comuns, sendo eles gota-a-gota, aspersão convencional e *pivot*;

- Cenário 2 – pressão disponível à saída da boca de rega.

Neste cenário, pretende-se representar apenas as perdas de carga que se fazem sentir na rede secundária, até à boca de rega.

⁷ Formato de um ficheiro *raster* desenvolvido pela ESRI

Para cada cenário, os mapas de pressão disponível são calculados para a pressão objetivo como para a pressão dinâmica.

Os valores de entrada, necessários para calcular os mapas de pressão disponível estão definidos na tabela *Padrones de Reg*, para as duas ocupações culturais.

5.3.6.1. Cenário 1 – Pressão disponível no ponto mais desfavorável da rede terciária

Como referido previamente, no presente cenário são considerados três métodos de rega diferentes, gota-a-gota, aspersão convencional e *pivot*.

Gota-a-gota:

O método de rega gota-a-gota é utilizado para a ocupação cultural vinha e olival, mas neste caso, opta-se por definir também para a outra ocupação cultural, Rotação 'B', de forma a gerar um mapa de pressão disponível para toda a área de estudo.

A informação de entrada é preenchida na tabela *Padrones de Reg* da seguinte forma:

- *Presión emissor* (m.c.a) = 10;
- *Altura emisor* (m) = 0;
- *dH Filtro CP* (m.c.a) = 3;
- *dH Filtro* (m.c.a) = 20;
- *JInterna* (m/m) = 0,01.

Uma vez que estas características podem diferir consoante a marca do equipamento de rega, opta-se por definir valores intermédios, uma vez que se está a considerar um sistema de rega hipotético.

Atribui-se uma pressão do emissor de 10 m.c.a (Cudell, 2000) e uma altura de 0 m, uma vez que estes equipamentos distribuem a água junto ao chão. Define-se uma perda de carga no filtro do equipamento de 20 m.c.a (Oliveira, 2011), sendo este sistema de rega, um dos sistemas que apresenta mais perdas de carga no filtro do equipamento.

O valor para o campo *JInterna* é de 0.015 m/m, que corresponde ao valor considerado para as perdas de carga distribuídas. No entanto, como a aplicação majora o valor deste campo, multiplicando-o por 1,5, por considerar as perdas de carga nas curvas das tubagens, atribui-se

o valor 0,01m/m, para que, com a atribuição da majoração, a aplicação calcule o valor pretendido.

Aspersão convencional:

Este método de rega é apenas utilizado para parcelas que apresentem uma ocupação cultural Rotação 'B', mas uma vez que se pretende gerar o mapa de pressões disponíveis, tendo em conta as características deste sistema de rega para toda a área de estudo, inclui-se também a ocupação cultural Vinha Olival.

A informação necessária fornecida à tabela *Padrones de Reg* é a seguinte:

- *Presión emissor* (m.c.a) = 25;
- *Altura emisor* (m) = 1,50;
- *dH Filtro CP* (m.c.a) = 3;
- *dH Filtro* (m.c.a) = 0;
- *JInterna* (m/m) = 0,01.

Este sistema de rega é composto por uma haste na vertical, que apresenta na ponta o aspersor que fornece água à parcela. Define-se uma altura para a haste de 1,5 m e para o aspersor uma pressão de 25 m.c.a (Testezlaf, 2011).

A perda de carga que se faz sentir no hidrante da rede secundária é de 3 m.c.a, e a perda de carga que se faz sentir no filtro deste sistema de rega é praticamente nula, pelo que se atribui o valor '0'. Para a perda de carga distribuída, atribui-se o valor de 0,01 m/m.

Pivot:

Tal como no método de rega anterior, este método não se aplica a parcelas que apresentem uma ocupação cultural Vinha Olival, no entanto esta ocupação cultural é considerada para gerar um mapa de pressões disponíveis, para toda a área de estudo.

A informação preenchida na tabela *Padrones de Reg* para este método, é a seguinte:

- *Presión emissor* (m.c.a) = 10;
- *Altura emisor* (m) = 2,70;
- *dH Filtro CP* (m.c.a) = 3;
- *dH Filtro* (m.c.a) = 0;

- $J_{Interna}$ (m/m) = 0,01.

Este sistema de rega também funciona com aspersores, atribuindo-se uma pressão de 10 m.c.a (Oliveira, 2011) com uma altura de 2,70 m (Valmont, 2003).

A perda de carga que se faz sentir no filtro do hidrante é de 3 m.c.a, e a perda de carga distribuída, de 0,01 m/m.

O filtro deste sistema de rega apresenta uma perda de carga quase desprezável, atribuindo-se-lhe o valor '0'.

5.3.6.2. Cenário 2 – Pressão disponível à saída da boca de rega

Para calcular estes mapas de pressões, não é necessário inserir informação sobre as perdas de carga que se fazem sentir no sistema de rega do agricultor, uma vez que se pretende considerar apenas a rede de rega até à boca de rega.

Assim, a informação preenchida para este cenário corresponde à perda de carga que se faz sentir no hidrante, e a perda de carga distribuída.

- $dH_{Filtro\ CP}$ (m.c.a) = 3;
- $J_{Interna}$ (m/m) = 0,01.

Depois da informação de entrada estar preenchida, executam-se os processos *Calcular pressiones disponíveis* para a pressão objetivo (P_{MIN}) e para a pressão dinâmica ($P_{Dinamica}$), de forma a gerar os mapas de pressões disponíveis para cada um dos cenários.

Executa-se também o processo *Crea capa de puntos críticos* (Puntos_Z) que permite calcular o ponto mais desfavorável da parcela, tendo em conta a altitude, que é adquirida através do MDT e a distância à boca de rega.

Assim, sobrepondo os pontos críticos e os mapas de pressão disponível, é possível visualizar se o sistema de rega consegue fazer chegar a água até ao ponto mais desfavorável de cada parcela.

Os resultados de cada um dos cenários definidos, podem ser visualizados no capítulo 6.

5.3.7. Modelo de simulação

Através da utilização do modelo de simulação, pretende-se avaliar o desempenho da rede de rega em estudo, em diferentes cenários de procura de água, de forma a identificar possíveis deficiências que a mesma possa apresentar, a nível de bocas com défice de pressão, mas também velocidades da água nas condutas superiores, relativamente ao máximo estipulado, que possam provocar o seu desgaste rápido.

As simulações realizadas neste caso de estudo são efetuadas para a rede, utilizando o caudal nominal atribuído a cada boca de rega, de forma a simular a rede, como ela é dimensionada.

5.3.7.1. Simulações efetuadas⁸

De forma a analisar o comportamento da rede de rega em estudo, são definidos cenários de procura de água crescente, utilizando 50 a 90% de bocas abertas, para 100 simulações.

Relativamente ao critério de falha, escolhe-se a P_{MIN} ou pressão objetivo, uma vez que corresponde à pressão que o projetista utiliza no dimensionamento da rede, tendo sido esta a considerada ao longo de todas as etapas da simulação no SIGOPRAM.

Quanto à pluviometria do sistema de rega, opta-se por não utilizar esta funcionalidade da aplicação, uma vez que o objetivo da análise é a simulação da rede secundária.

São efetuadas duas simulações, a primeira utilizando o critério aleatório, e a segunda utilizando o critério probabilidade de Clément, cada uma com 100 simulações.

O caudal considerado nestas simulações diz respeito ao caudal utilizado no dimensionamento da rede, referente ao caudal nominal presente no campo Q do tema *Nodos*.

5.3.8. Extensão da rede de rega

Por vezes, depois das redes de rega estarem dimensionadas e construídas, a EDIA recebe pedidos de agricultores que querem usufruir da água das mesmas.

⁸ No Anexo 1 (páginas 132 a 137) é apresentada a *interface* simulador de cenários, bem como a descrição de todos os parâmetros definidos pelo utilizador no mesmo *interface* para realizar uma simulação.

Neste subcapítulo, pretende-se verificar como a rede de rega em estudo se comporta, aumentando o caudal a circular na mesma, através da adição de novos ramais à rede. Para isso, são definidos três cenários que representam hipóteses diferentes de aumentar o caudal a circular na rede de rega.

5.3.8.1. Cenário 1 – Adição de um novo ramal numa conduta final da rede de rega

Neste primeiro cenário, opta-se por adicionar um novo ramal num troço final da rede, uma vez que estes estão sujeitos a uma perda de carga superior, e consequentemente, a pressão dinâmica quando chega a estes troços é inferior, comparativamente como o início da rede. Assim, pretende-se verificar, se existe a possibilidade de aumentar a rede, com base no cenário definido, através da análise dos impactos que o novo ramal pode trazer à rede.

Os passos para criar um novo ramal são os seguintes:

1. Criar a parcela que vai ser associada ao hidrante e boca de rega;

A parcela criada possui uma área de aproximadamente 4,6 hectares, sendo que apenas se considerada 90% dessa área, com uma ocupação cultural Rotação 'B'.

2. Adicionar o novo ramal (Nó, hidrante e boca de rega);

Ao desenhar o novo ramal, tenta-se diminuir o comprimento das tubagens ao máximo entre as ligações, conduta e hidrante, e entre o hidrante e boca de rega, de forma a minimizar as perdas de carga.

3. Atribuir a pressão objetivo e caudal nominal à boca de rega;

De acordo com a dimensão da parcela, a boca de rega recebe uma pressão objetivo de 35 m.c.a, uma vez que a parcela é considerada pequena propriedade.

Relativamente ao caudal nominal, uma vez que a ocupação da parcela é Rotação 'B', recorre-se à tabela referente às classes de bocas de rega para a ocupação cultural especificada (Anexo 4) e para uma área de cerca de 4,14 hectares (90% da área considerada), a boca de rega recebe um caudal nominal de 0,0083 m³/s.

4. Preencher as características das tubagens do novo ramal.

Para adquirir informação sobre as características do material das tubagens, exporta-se a rede para o DIOPRAM, e efetua-se o dimensionamento da mesma. Através dos resultados do DIOPRAM, adquire-se informação sobre o diâmetro da conduta, diâmetro interno, tipo de material, pressão nominal e a velocidade nas condutas, que depois é inserida no tema Arcos.

A informação adquirida é a seguinte:

- Ligação conduta – hidrante:
 - Diâmetro nominal (mm) = 90;
 - Diâmetro interno (mm) = 83;
 - Velocidade (m/s) = 1,53;
 - Pressão nominal (bar) = 6;
 - Material = PEAD.

A ligação hidrante-boca de rega apresenta as mesmas características.

Localização do novo ramal e parcela associada:

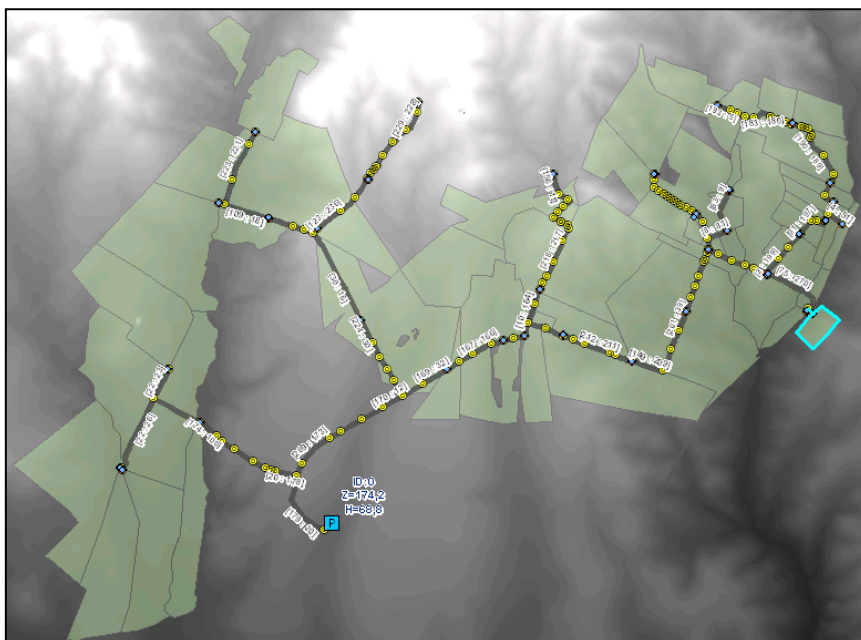


Figura 5.14 – Localização do novo ramal adicionado – Cenário 1

De forma a tirar conclusões sobre o impacto do novo ramal na rede, efetua-se uma simulação para a rede com o novo ramal, e outra simulação para a rede original, para que seja possível efetuar uma comparação de resultados.

Uma vez que ambos os critérios de abertura de bocas de rega apresentam uma componente aleatória para a escolha das bocas abertas, a considerar em cada simulação, opta-se por efetuar as duas simulações, utilizando as mesmas bocas abertas, para que a comparação dos resultados possa ser mais fiável.

Assim, para escolher as bocas que estejam abertas nas próximas simulações, efetua-se uma simulação à rede com o ramal adicionado, e escolhe-se uma simulação em que a nova boca adicionada está aberta.

O primeiro critério de abertura de bocas a utilizar é o critério aleatório. Através do simulador de cenários, definem-se 50 simulações para 70% de bocas abertas. Depois de executar a simulação, exportam-se os dados, de forma a verificar em que simulação a boca adicionada se encontra aberta. Verifica-se, através do ficheiro de *output* gerado pelo simulador de cenários, que a boca de rega está aberta na simulação 3. Deste modo, para a simulação 3, verifica-se quais as bocas de rega que estão fechadas, e coloca-se no campo *EN_STATUS* do tema *Nodos*, o valor '0' para que não sejam consideradas na próxima simulação.

As bocas a considerar abertas, nas próximas duas simulações, apresentam a seguinte distribuição espacial:

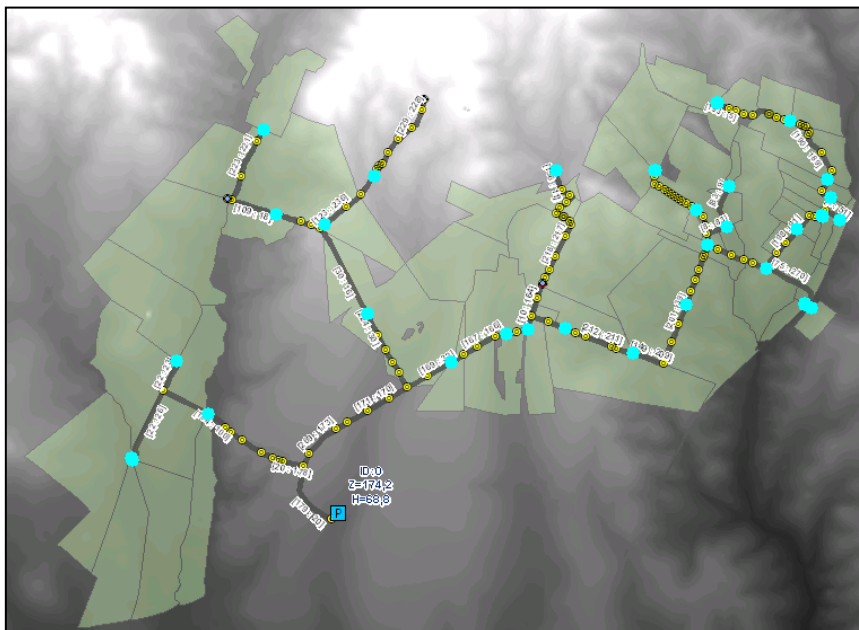


Figura 5.15 – Localização das bocas a considerar abertas através critério aleatório – Cenário 1

Efetua-se a simulação para a rede com o novo ramal, para 50 simulações com 70% de bocas abertas, utilizando o critério aleatório.

Elimina-se o novo ramal, e volta-se a simular a rede, utilizando os mesmos parâmetros da simulação anterior (50 simulações para 70% de bocas abertas).

A descrição dos resultados destas simulações está presente no capítulo 6.

Em seguida, aplica-se a mesma metodologia, mas agora utilizando o critério Probabilidade de Clément.

É efetuada a simulação da rede com o novo ramal, utilizando uma bonificação de 70% para a probabilidade de abertura das bocas de rega, considerando 50 simulações, com o objetivo de determinar as bocas que são consideradas abertas, nas simulações futuras. A simulação escolhida corresponde à simulação 3, onde a boca de rega que pertence ao novo ramal, está aberta.

As bocas abertas presentes na simulação 3 apresentam a seguinte distribuição espacial:

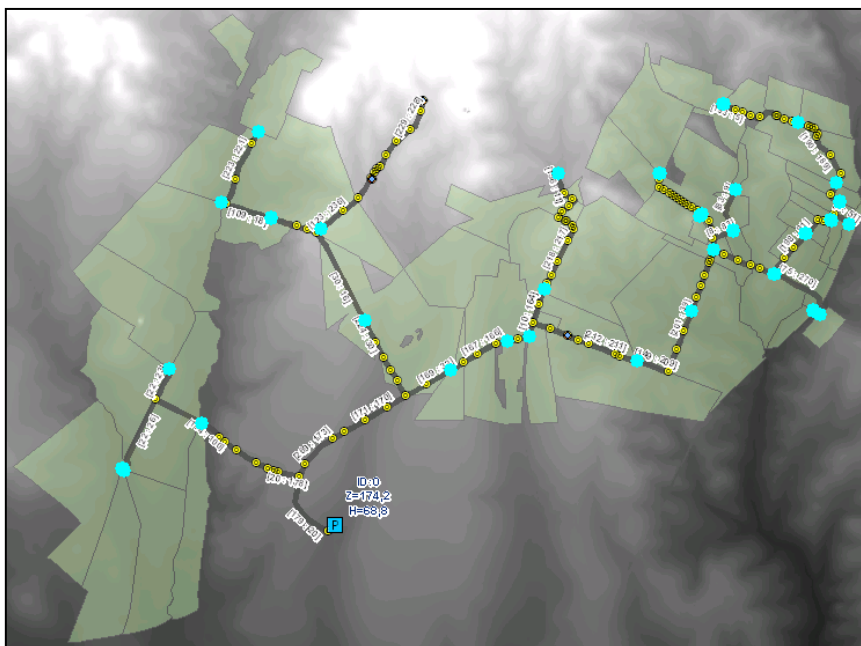


Figura 5.16 – Localização das bocas a considerar abertas através critério probabilidade de Clément – Cenário 1

É colocado no campo *EN_STATUS* do tema *Nodos* o valor '0' para as bocas de rega que estão fechadas na simulação 3.

Efetua-se outra simulação, considerando as bocas presentes na Figura 5.16 abertas, utilizando os mesmos parâmetros da simulação anterior.

O novo ramal adicionado é eliminado e efetua-se a mesma simulação, com os mesmos parâmetros, para as mesmas bocas abertas, sendo possível visualizar os resultados e conclusões deste cenário no capítulo 6.

5.3.8.2. Cenário 2 – Adição de um novo ramal numa conduta inicial da rede de rega

Através deste cenário pretende-se verificar, à semelhança do cenário anterior, se a rede de rega consegue comportar um caudal circulante superior, relativamente ao seu caudal de dimensionamento, através da adição de um novo ramal, agora localizado no início da rede.

A metodologia utilizada na criação deste cenário é igual à metodologia aplicada para o cenário 1.

Em primeiro lugar, cria-se a parcela que é servida pelo novo ramal, com uma área aproximada de 19 hectares, com uma ocupação cultural Rotação ‘B’. Depois desenha-se o novo ramal (nó, hidrante e boca de rega) e atribui-se a pressão objetivo e o caudal nominal considerando 90% da área da parcela, para a nova boca de rega. Uma vez que a nova parcela é considerada grande propriedade, atribui-se uma pressão objetivo de 40 m.c.a no campo P_{MIN} do tema *Nodos*, e atribui-se um caudal nominal de $0,0333 \text{ m}^3/\text{s}$ no campo Q do mesmo tema, com base no Anexo 4. Em seguida, preenchem-se as características das tubagens do novo ramal no tema *Arcos*. Esta informação é adquirida através do DIOPRAM, sendo a seguinte:

- Ligação conduta – hidrante:
 - Diâmetro nominal (mm) = 160;
 - Diâmetro interno (mm) = 147,6;
 - Velocidade (m/s) = 1,95;
 - Pressão nominal (bar) = 6;
 - Material = PEAD.

A ligação hidrante-boca de rega apresenta a mesmas características.

A localização do novo ramal e da parcela associada, é a seguinte:

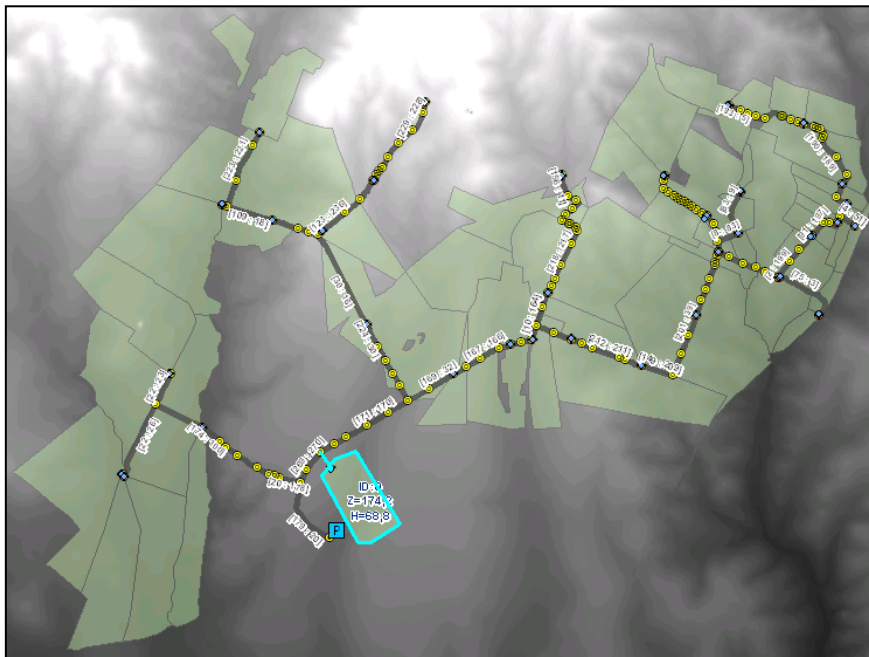


Figura 5.17 – Localização do novo ramal adicionado – Cenário 2

Critério aleatório:

A primeira simulação é efetuada, com o intuito de determinar que bocas de rega é que vão estar abertas nas próximas simulações. Para isso, executam-se 50 simulações com 70% de bocas abertas, e escolhe-se uma simulação em que a nova boca adicionada está aberta, correspondendo à simulação 1.

As bocas de rega que estão abertas na simulação 1, apresentam a seguinte distribuição espacial:

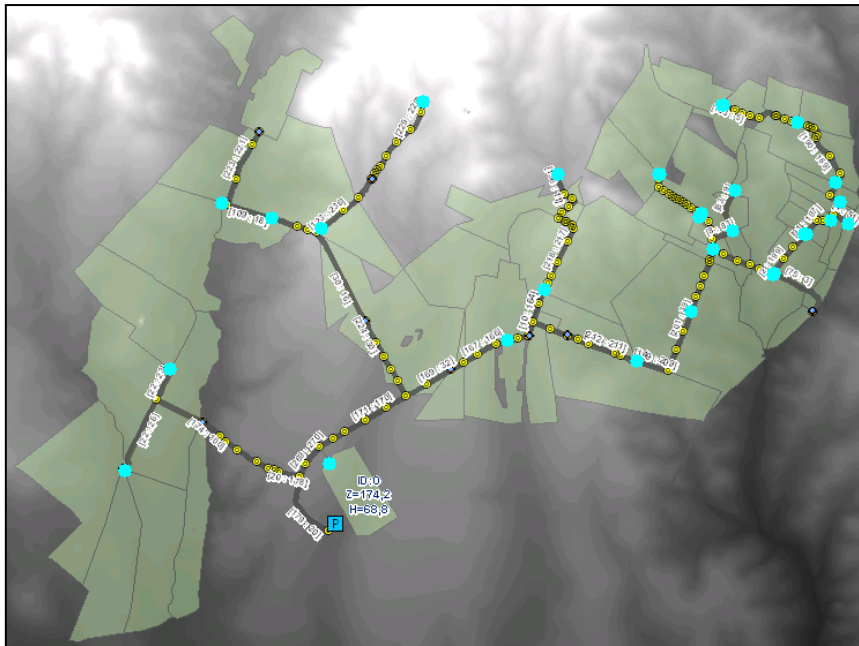


Figura 5.18 – Localização das bocas a considerar abertas através critério aleatório – Cenário 2

Volta-se a simular a rede com os mesmos parâmetros, utilizando as bocas abertas presentes na Figura 5.18.

Elimina-se o ramal criado, e efetua-se uma nova simulação para as mesmas bocas abertas.

Critério Probabilidade de Clément:

Para o critério de abertura de bocas utilizando a Probabilidade de Clément, escolhe-se a simulação 18, para determinar as bocas a considerar abertas, que apresentam a seguinte distribuição espacial:

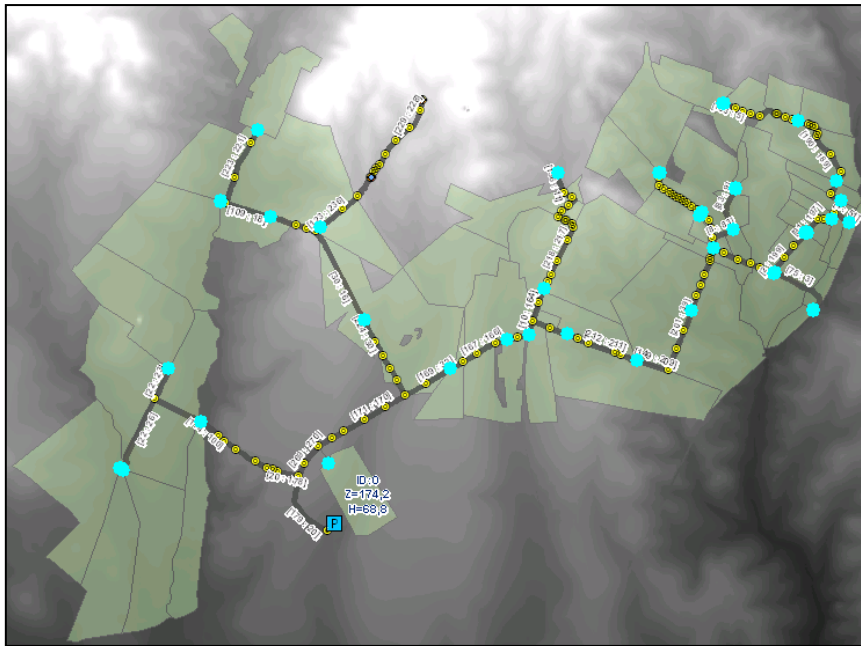


Figura 5.19 – Localização das bocas a considerar abertas através critério probabilidade de Clément – Cenário 2

Efetua-se uma nova simulação à rede com o novo ramal, considerando as bocas assinaladas na Figura 5.19, como abertas, para 70% de bocas abertas, para 50 simulações.

Elimina-se o ramal adicionado e simula-se novamente a rede com as mesmas bocas abertas, utilizando os mesmos parâmetros no simulador de cenários.

Os resultados deste cenário e respetiva explicação encontram-se descritos no capítulo 6.

5.3.8.3. Cenário 3 – Aumentar a área de uma parcela e o caudal nominal da boca de rega associada

Neste cenário, pretende-se verificar se a rede consegue comportar um caudal superior ao caudal de dimensionamento, aumentando o caudal nominal para uma boca de rega existente e a área da respetiva parcela.

A localização da parcela e boca de rega é definida na Figura 5.20.

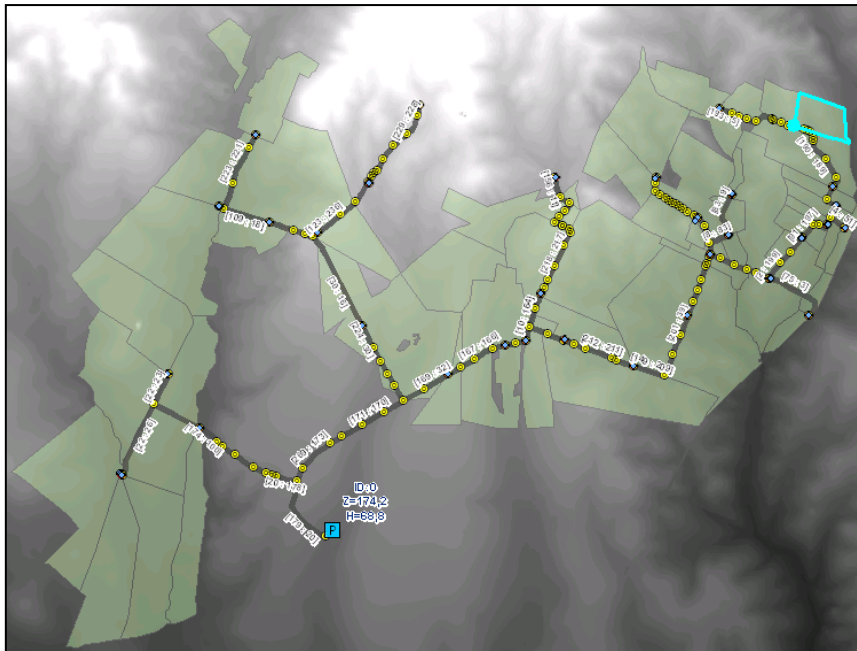


Figura 5.20 – Localização da parcela e boca de rega – Cenário 3

A parcela em estudo apresenta uma ocupação cultural Vinha Olival, com uma área de 7,8 hectares (90% da área original), servida com um caudal nominal de $0,0083 \text{ m}^3/\text{s}$.

De forma a aumentar o caudal a circular na rede, aumenta-se a área da parcela para 15 hectares, atribuindo um caudal nominal para a boca de rega de $0,0167 \text{ m}^3/\text{s}$.

Critério aleatório:

Efetua-se uma simulação utilizando os mesmos parâmetros das simulações efetuadas, para os cenários anteriores, para determinar quais as bocas que vão estar abertas nas próximas simulações, sendo que a simulação escolhida tem que apresentar a boca de rega em estudo, aberta, de modo a verificar se o aumento do caudal circulante da rede até chegar à nova boca, influência o comportamento dos restantes troços da rede de rega.

A simulação escolhida corresponde à simulação 1, em que as bocas abertas apresentam a seguinte distribuição espacial:

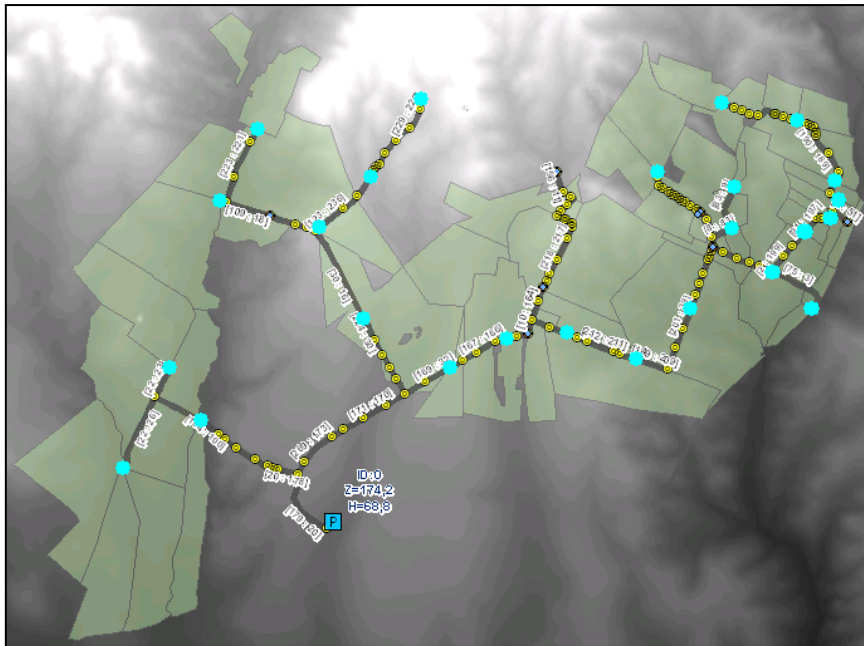


Figura 5.21 – Localização das bocas a considerar abertas através critério aleatório – Cenário 3

Efetua-se assim uma simulação, utilizando o critério de abertura de bocas aleatório, para as bocas presentes na Figura 5.21.

Repõe-se a área e o caudal original da parcela, e efetua-se uma nova simulação com os mesmos parâmetros.

Critério Probabilidade de Clément:

Para o critério de abertura probabilidade de Clément, escolhe-se a simulação 1 que apresenta, para as bocas abertas, a seguinte distribuição espacial:

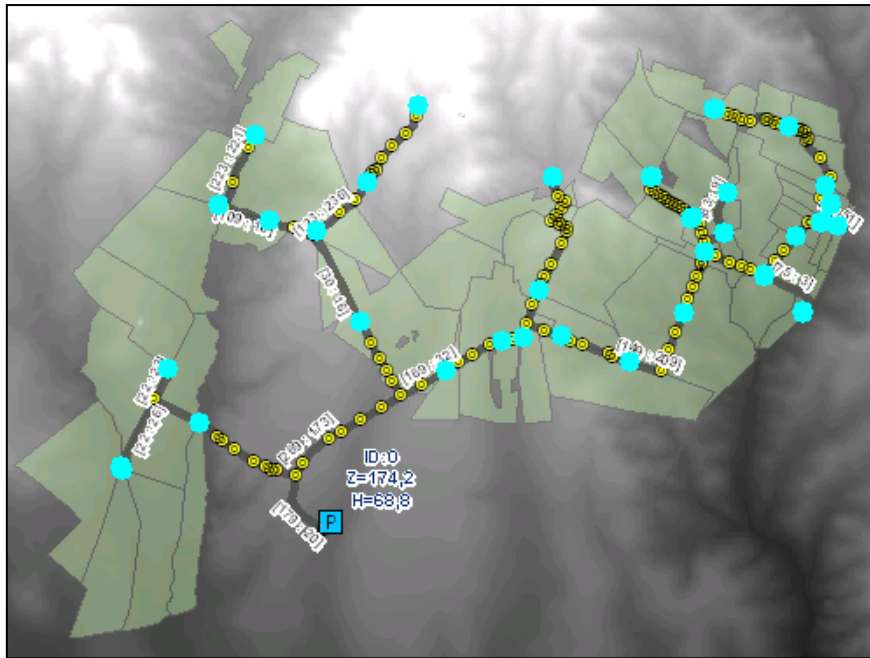


Figura 5.22 – Localização das bocas a considerar abertas através critério probabilidade de Clément – Cenário 3

Utilizando as bocas abertas da Figura 5.22, efetua-se uma nova simulação. Volta-se a repor a área da parcela e o caudal nominal original, e efetua-se outra simulação utilizando os mesmos parâmetros.

No capítulo 6 está presente uma análise dos resultados das simulações aqui descritas.

6. Discussão dos resultados obtidos

Neste capítulo, são analisados em maior detalhe os dados resultantes das tarefas desenvolvidas ao longo do estágio. Efetua-se a divisão deste capítulo em vários pontos, de maneira a apresentar de forma mais clara os resultados obtidos, referentes ao modelo de dimensionamento, mapas de pressões disponíveis, modelo de simulação, bem como os resultados adquiridos com a extensão da rede de rega em estudo.

Modelo de dimensionamento

Para ser possível executar o modelo de dimensionamento através do DIOPRAM, é necessário, aumentar a pressão ao início da rede, para que todas as bocas de rega apresentem a pressão dinâmica superior à pressão objetivo definida.

O acréscimo de pressão necessário, utilizado no dimensionamento, corresponde a 29,4 m.c.a. Através deste valor, calculam-se as bocas de rega que apresentam défices de pressão, como se pode visualizar no ponto 5.3.5.2.

Na Figura 6.23 estão localizadas as bocas de rega que apresentam défices de pressão, e o identificador respetivo.

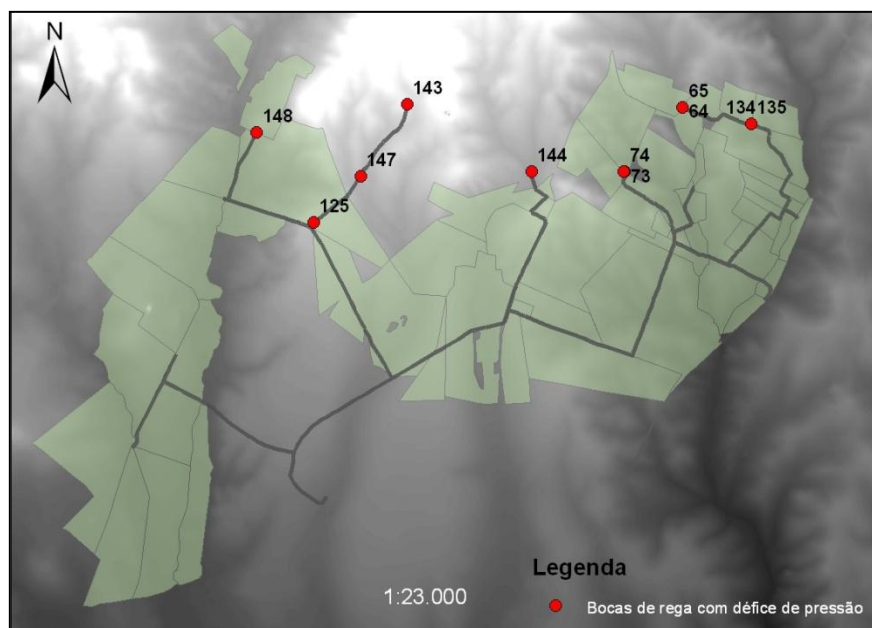


Figura 6.23 – Localização das bocas de rega com pressão insuficiente

As bocas com pressão insuficiente estão localizadas mais longe do início da rede, uma vez que, o escoamento nas tubagens sofre perdas de carga que diminuem a pressão. Nos casos assinalados na Figura 6.23, a água chega às bocas de rega com uma pressão dinâmica inferior à pressão objetivo.

Depois de alterada a pressão objetivo para estas bocas de rega, com base nos valores presentes no campo *Nova pressão objetivo* da Tabela 5.5, aplica-se o modelo de dimensionamento, permitindo dimensionar a rede para uma pressão ao início da rede de 69 m.c.a. Com o objetivo de aproximar o mais possível o dimensionamento efetuado pelo DIOPRAM ao dimensionamento efetuado pelo projetista, utiliza-se, para as mesmas bocas de rega, a pressão definida no campo *Pressão definida pelo projetista* presente na mesma tabela, que permite dimensionar a rede com uma pressão ao início da rede de 68,8 m.c.a, obtendo um caudal de dimensionamento de 882,2 l/s. Este valor, corresponde ao caudal calculado para o início da rede, para um certo número de bocas abertas, considerando o caudal específico, através da 1ª fórmula de Clément. O DIOPRAM determina também o caudal para circular em cada troço da rede, e a respetiva velocidade, bem como as características dos materiais, entre as quais o tipo de material, diâmetro nominal, diâmetro interno, pressão nominal e a perda de carga distribuída, calculada com base no coeficiente de rugosidade.

A rugosidade do material apresenta grande importância para o dimensionamento das redes, pois é uma das variáveis que condiciona a escolha dos diâmetros das tubagens. Quanto maior é o valor de rugosidade de determinado material, maior é a perda de energia que a água sofre quando passa pelo troço, o que leva ao aumento das perdas de carga, que diminuem a pressão dinâmica ao longo da rede. Desta forma, para diminuir essas perdas de energia, uma das soluções que se pode adotar, consiste em aumentar o diâmetro da tubagem, para reduzir a velocidade, e conseqüentemente, diminuir as perdas de energia. No entanto, o aumento do diâmetro da tubagem traz como consequência, o aumento do custo do material.

O dimensionamento efetuado pelo projetista, considerado como o correto, produz um caudal de dimensionamento de 999 l/s, e o dimensionamento efetuado pelo SIGOPRAM, utilizando o caudal específico, produz um caudal de 882,2 l/s.

Para perceber a razão desta diferença de caudais, analisam-se detalhadamente os dados utilizados pelo projetista, através do Anexo 6, que representam o resultado do

dimensionamento. Verifica-se que, para ramais com 7 hidrantes ou menos, o dimensionamento é efetuado para o caudal acumulado, ou seja, para uma garantia de fornecimento de 100%. Para os nós situados mais a montante da rede de rega, o caudal de dimensionamento é calculado através do caudal do próprio hidrante, mais o caudal de dimensionamento das bocas e troços, situados a jusante.

Nesta análise efetuada aos dados utilizados pelo projetista, sente-se alguma dificuldade, uma vez que, não são apresentados os dados de entrada utilizados no dimensionamento da rede, referentes ao caudal atribuído para cada boca, mas sim os caudais resultantes da aplicação da 1ª fórmula de Clément. No entanto, é possível verificar que, para as bocas que se situam em ramais terminais, o caudal utilizado corresponde ao caudal nominal da boca de rega. O projetista calcula o caudal específico e posteriormente seleciona a boca existente no mercado, que apresente o caudal nominal mais próximo do caudal específico calculado.

Utilizando o caudal nominal para cada boca de rega, o DIOPRAM dimensiona a rede, para um caudal de dimensionamento ao início da rede, de 1015,3 l/s, apresentando uma diferença de 16,3 l/s, relativamente ao caudal de dimensionamento do projetista.

Na consulta do Anexo 7, é possível visualizar o caudal (l/s) que circula em cada troço (campo (Ql)), calculado através da 1ª fórmula de Clément. Também é possível visualizar as características das tubagens que o DIOPRAM atribui no dimensionamento da rede.

Na Figura 6.24, é possível visualizar o mapa que representa os caudais atribuídos pelo DIOPRAM, ao longo da rede.

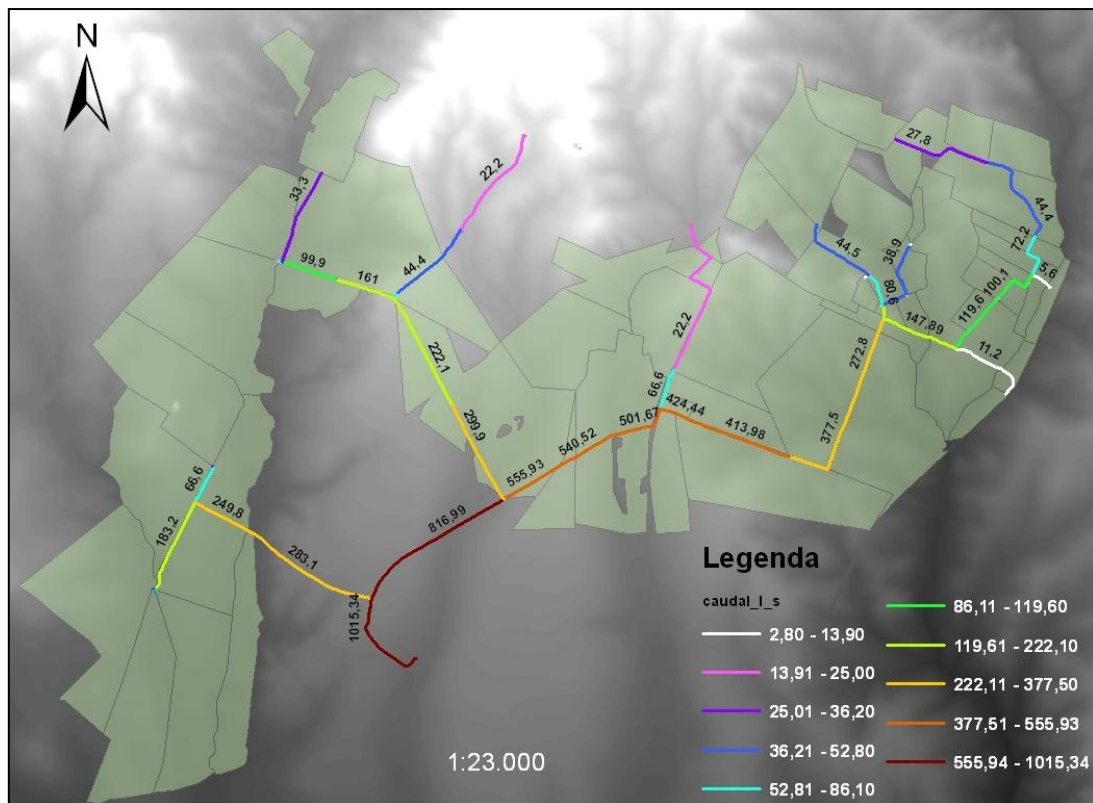


Figura 6.24 – Caudais circulantes na rede (l/s)

É possível visualizar o caudal ao início da rede, que corresponde a 1015,3 l/s, calculado pelo DIOPRAM, a partir da 1ª fórmula de Clément, para um determinado número de bocas abertas, tendo em conta o caudal nominal definido para cada boca de rega.

O caudal inicial da rede diminui, à medida que a rede sofre ramificações, e para os ramais terminais, circula apenas o caudal que serve as bocas de rega associadas.

A diferença de caudais, ao início da rede, difere entre o dimensionamento efetuado pelo DIOPRAM e o dimensionamento efetuado pelo projetista, possivelmente devido às parametrizações utilizadas pelo *software* do projetista, que podem diferenciar ligeiramente das parametrizações do DIOPRAM.

Outro dos resultados do dimensionamento diz respeito à atribuição dos diâmetros para cada troço da rede, efetuada com base no caudal em cada troço, perdas de carga, e na velocidade da água.

O cálculo efetuado com recurso ao DIOPRAM obtém os seguintes diâmetros, para a rede em estudo:

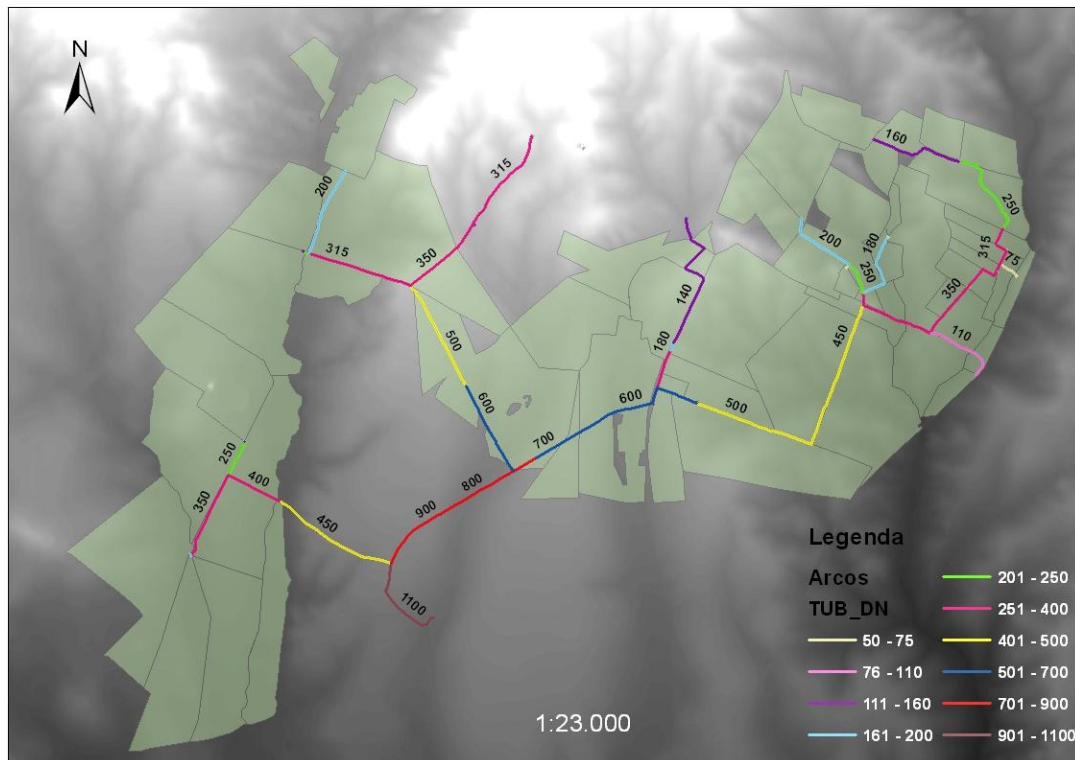


Figura 6.25 – Diâmetros das tubagens (mm) atribuídos através do dimensionamento da rede

Através da Figura 6.25, verifica-se que os troços iniciais apresentam diâmetros superiores, pois são os troços onde circula toda a água que é distribuída ao longo da rede. Nos troços terminais, circula apenas a água necessária para servir as bocas de rega associadas.

Nos troços mais a jusante da rede, a dimensão dos diâmetros é mais reduzida, uma vez que a quantidade de água que aí circula é inferior, ou seja:

$$Q = A \times V \quad (6.13)$$

Em que:

Q – caudal;

A – área;

V – velocidade.

Ao diminuir a quantidade de água a circular nas tubagens, o DIOPRAM consegue atribuir diâmetros de menores dimensões, sem ultrapassar a velocidade máxima definida (2 m/s).

De forma a avaliar os diâmetros atribuídos pelo DIOPRAM, efetua-se uma comparação entre estes e os diâmetros atribuídos pelo projetista.

A Figura 6.26 retrata a comparação efetuada entre os diâmetros atribuídos pelo projetista e os diâmetros atribuídos pelo DIOPRAM, em que os troços a vermelho representam os troços em que o DIOPRAM atribui um diâmetro superior, relativamente ao projetista, os troços a verde em que o DIOPRAM atribui um diâmetro inferior ao projetista e os troços a amarelo em que os diâmetros atribuídos pelo DIOPRAM e pelo projetista, são os mesmos.

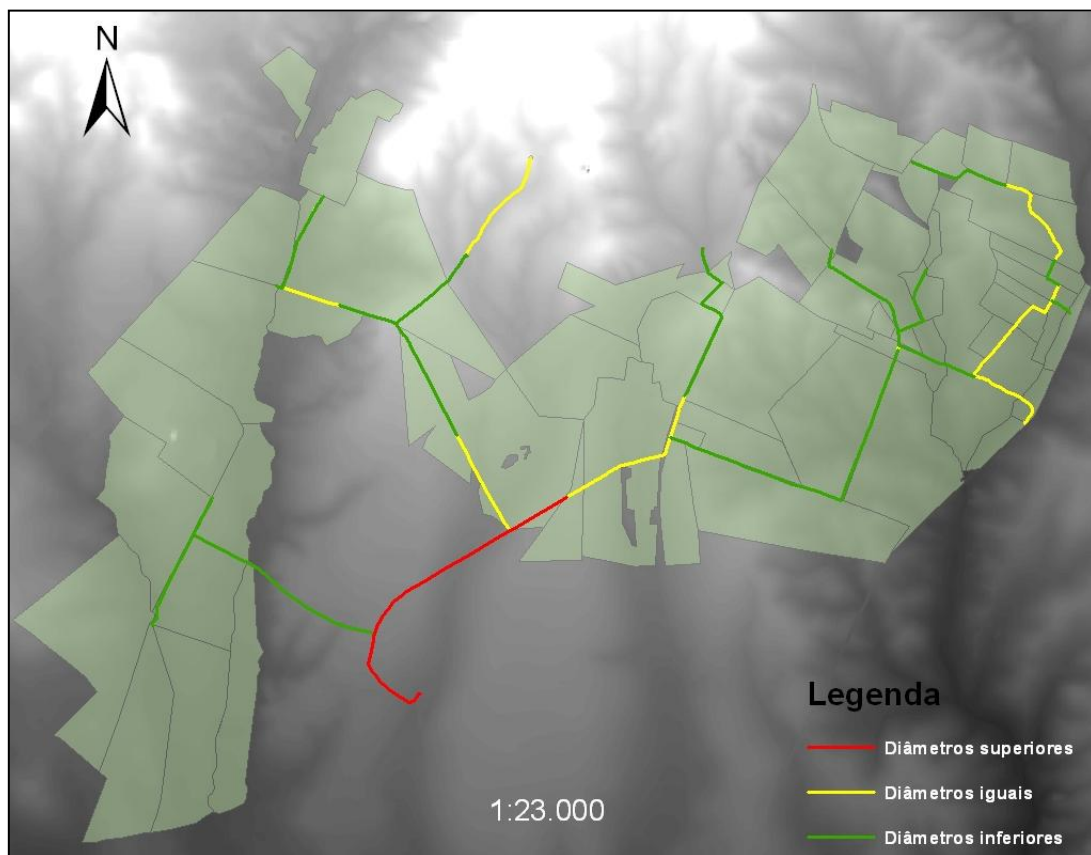


Figura 6.26 – Comparação entre os diâmetros atribuídos pelo projetista e os diâmetros atribuídos pelo SIGOPRAM

O DIOPRAM atribui diâmetros superiores no início da rede, relativamente ao projetista, uma vez que, a rede dimensionada pelo DIOPRAM produz, ao início da rede, um caudal superior, relativamente ao caudal calculado pelo projetista. Como existe um caudal superior, o DIOPRAM tem que aumentar o diâmetro da conduta, para que a velocidade da água não ultrapasse o valor máximo estipulado (2 m/s).

Efetua-se uma comparação, relativamente ao comprimento dos troços que apresentam diâmetros inferiores, iguais e superiores aos valores do projetista, existindo um maior comprimento de troços com diâmetros inferiores (9879 m). A seguir, encontram-se os troços com diâmetros iguais (5112 m) e em terceiro lugar, os troços com diâmetros superiores (1957 m).

Para além da atribuição dos diâmetros às condutas, o DIOPRAM também calcula a pressão dinâmica ao longo da rede, considerando as perdas de carga que se fazem sentir, devido à rugosidade de cada tipo de material. Esta pressão também é influenciada, de acordo com a localização do equipamento de rega, uma vez que, as tubagens e bocas de rega que estão localizadas em sítios mais elevados necessitam de uma pressão mais elevada.

Na Figura 6.27 é possível visualizar um mapa da distribuição da pressão dinâmica ao longo da rede de rega, calculada através do DIOPRAM.

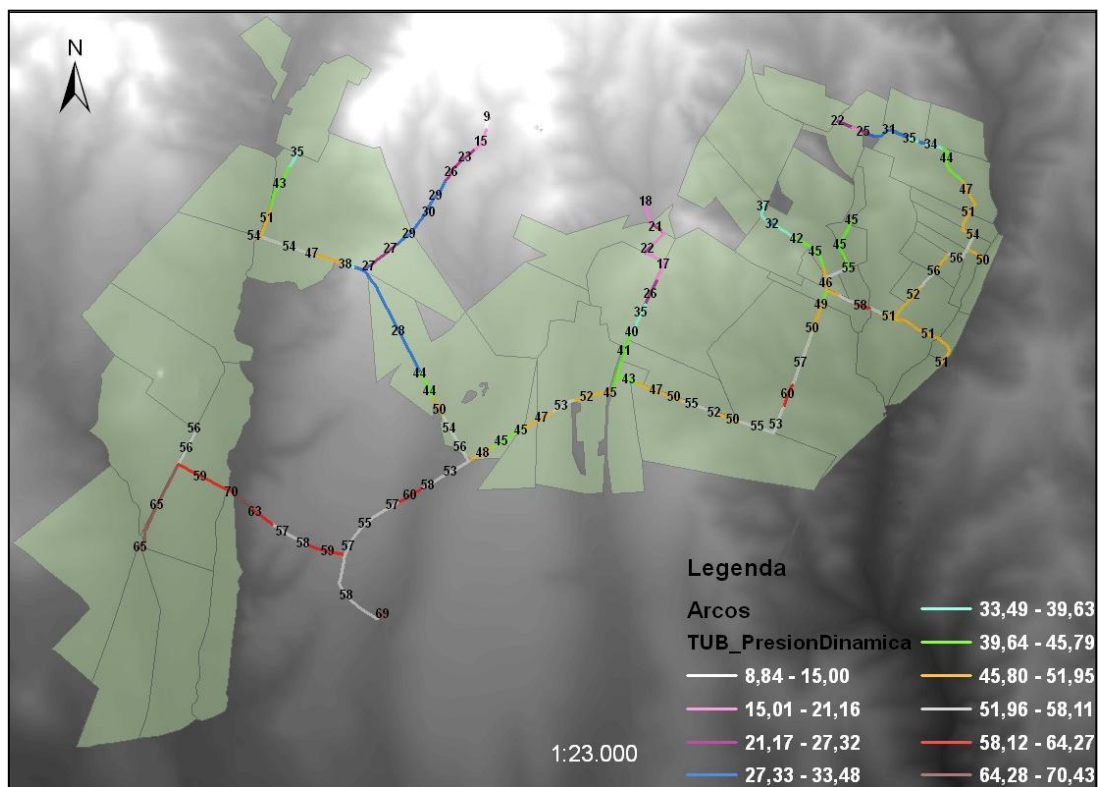


Figura 6.27 – Pressão dinâmica (m.c.a) ao longo da rede

Através da imagem, é possível visualizar a pressão definida ao início da rede de 68,8 m.c.a (arredondado para 69), que corresponde à altura da estação elevatória. É também possível visualizar que, a pressão nas condutas, à medida que se afasta do início da rede, regra geral,

diminui, devido às perdas de carga. As bocas de rega localizadas em locais mais elevados, (zonas mais claras do MDT), também apresentam valores de pressão dinâmica inferiores.

Outra da informação resultante do dimensionamento da rede de rega, diz respeito às velocidades nas condutas.

Um dos valores de entrada, exigido pelo DIOPRAM, para o dimensionamento da rede, diz respeito ao valor de velocidade mínima e máxima nas condutas, tendo-se definido 0,5 e 2 m/s respetivamente. Assim, o DIOPRAM dimensiona a rede, tendo em conta o limite de velocidade definido. São obtidas as velocidades a cada troço, indicadas na Figura 6.28.

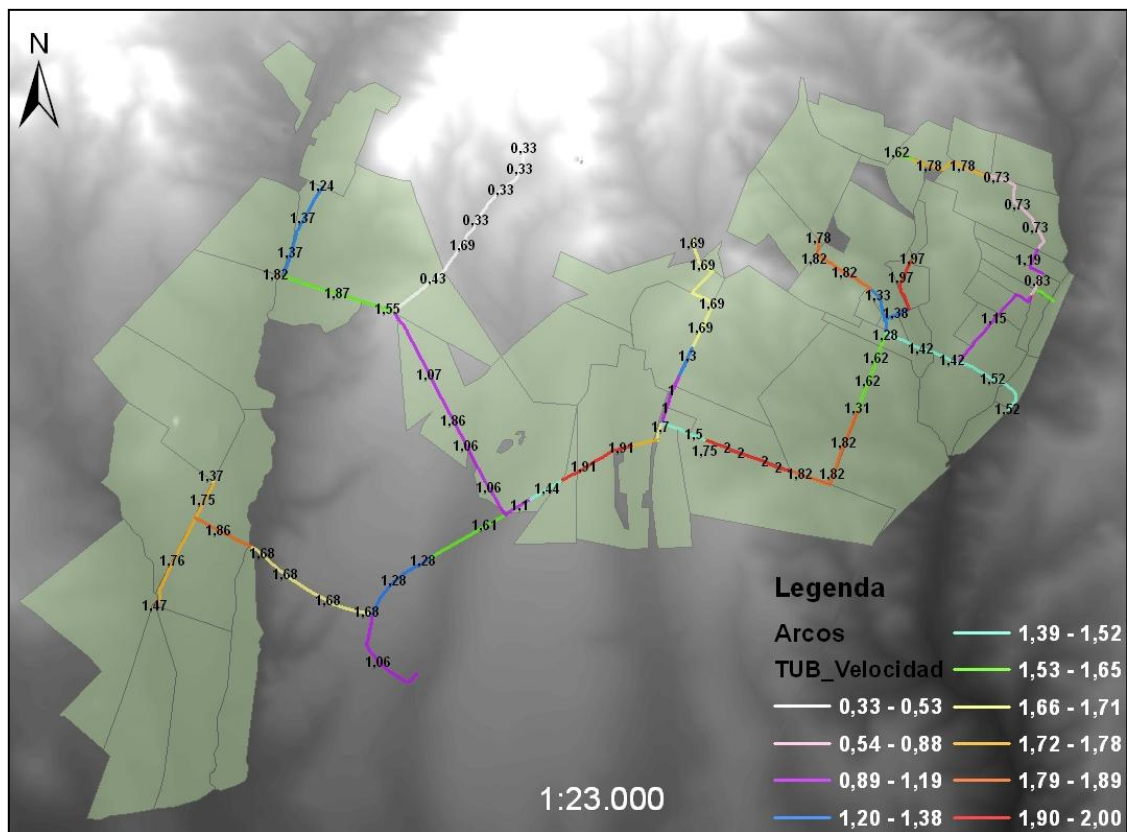


Figura 6.28 – Velocidade nas condutas (m/s)

A atribuição da velocidade para cada troço tem em conta o caudal e o diâmetro atribuído. Através da Figura 6.28, é possível visualizar a existência de um troço, que apresenta velocidades de água inferiores ao mínimo estipulado (0,5 m/s), possuindo duas bocas de rega associadas. O caudal que deriva destas bocas de rega, fornece água para uma pequena barragem, não existindo assim nenhum constrangimento com a existência de velocidades inferiores, relativamente ao mínimo estipulado. Por outro lado, existem vários troços que

atingem a velocidade máxima, 2 m/s. Isto acontece, porque o diâmetro atribuído está no limite da sua capacidade, dado o caudal circulante e a velocidade máxima permitida. No entanto, esses troços não são considerados problemáticos, porque as velocidades não ultrapassam o limite definido.

O DIOPRAM efetua o dimensionamento da rede, recorrendo à informação presente na Tabela de Tubagens. Toda a informação presente nesta tabela está preenchida por defeito, e reflete a realidade dos materiais e preços praticados em Espanha.

Como a duração do estágio não permite efetuar alterações nesta tabela, de forma a representar a realidade do mercado português, o dimensionamento da rede é efetuado com base nas características dos materiais utilizados em Espanha.

O projetista dimensiona a rede, utilizando os materiais polietileno de alta densidade (PEAD) e betão, enquanto que o dimensionamento da rede efetuado pelo DIOPRAM, atribui o material aço soldado helicoidalmente (ASH) e poliéster, reforçado com fibra de vidro (PRFV), para os troços com diâmetros superiores e PEAD, para os troços que apresentam diâmetros inferiores.

Outra das diferenças refere-se à pressão nominal (PN), que representa a capacidade máxima da tubagem para suportar a pressão da água que circula ao longo da rede. As tubagens em PEAD definidas pelo projetista, apresentam uma pressão nominal de 10 bars, mas no dimensionamento efetuado pelo DIOPRAM, apresentam uma pressão nominal de 10 e 6 bars, de acordo com a pressão dinâmica calculada para cada troço.

Desta forma, para efetuar uma comparação mais realista dos resultados do dimensionamento, a nível de custos, é necessário adaptar os registos da Tabela de Tubagens, alterando os registos referentes ao material PEAD com PN 6, colocando o material PEAD com PN 10, para serem considerados no dimensionamento da rede. Relativamente aos materiais ASH e PRFV, uma vez que não são utilizados nas redes de rega da EDIA, também devem ser eliminados na tabela de tubagens.

A informação relativa aos preços das tubagens, também deve ser adaptada aos preços que são praticados em Portugal. No entanto, apesar de todas as condicionantes já descritas, pode-se visualizar o custo da rede através da Figura 6.29, para as tubagens e também o custo dos hidrantes, adquirido através do processo *Dimensiona Tomas Y Hidrantes*.

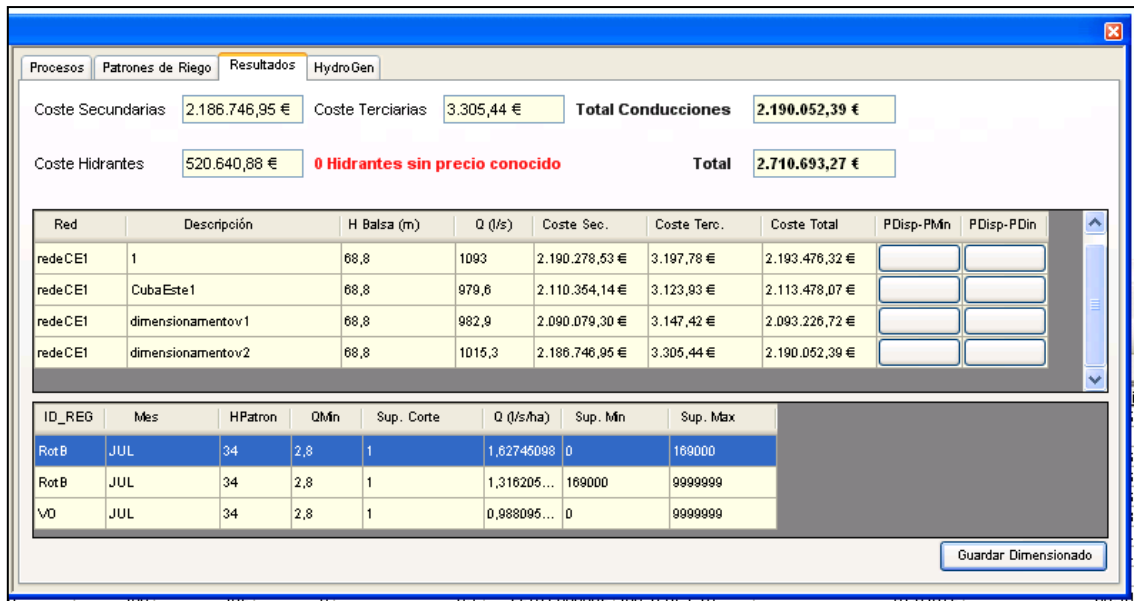


Figura 6.29 – Custo da rede de rega

O resultado do dimensionamento da rede em estudo está designado por ‘dimensionamentov2’ apresentando um custo aproximado de 2 190 052 € para as tubagens da rede.

O custo dos hidrantes é de 52 064 088 €, de acordo com a informação tabelada na Tabela de Hidrantes do SIGOPRAM.

Mapas de pressão disponíveis

Neste ponto, estão presentes os resultados para os dois cenários definidos, no capítulo 5.3.6.

O cenário 1, como já foi referido, representa vários sistemas de rega hipotéticos, utilizados pelo agricultor, de forma a visualizar a pressão com que a água chega ao interior das parcelas, considerando as perdas de carga existentes na rede secundária, e as hipotéticas perdas de carga, na rede terciária.

A Figura 6.30 e Figura 6.31 representam a distribuição da pressão objetivo e pressão dinâmica, respetivamente, no interior de cada parcela, considerando o sistema de rega gota-a-gota. Para este sistema de rega é possível visualizar que, de acordo com as perdas de carga consideradas, a pressão objetivo definida não é suficiente para que a água consiga chegar a determinadas áreas de certas parcelas, chegando a existir, em certas zonas em redor dos pontos críticos, défices de cerca de 25 m.c.a. Na Figura 6.31 é possível visualizar a existência de áreas de menores dimensões, com défices de pressão, isto porque, a pressão dinâmica é

superior à pressão objetivo, e por consequente, as perdas de carga produzem défices de pressão inferiores.

Estes défices de pressão são o resultado da perda de carga no circuito hidráulico, devido aos filtros destes sistemas de rega, bem como as perdas de carga consideradas na rede secundária, tendo sido definido neste caso de estudo, uma perda de carga no filtro de 20 m.c.a.

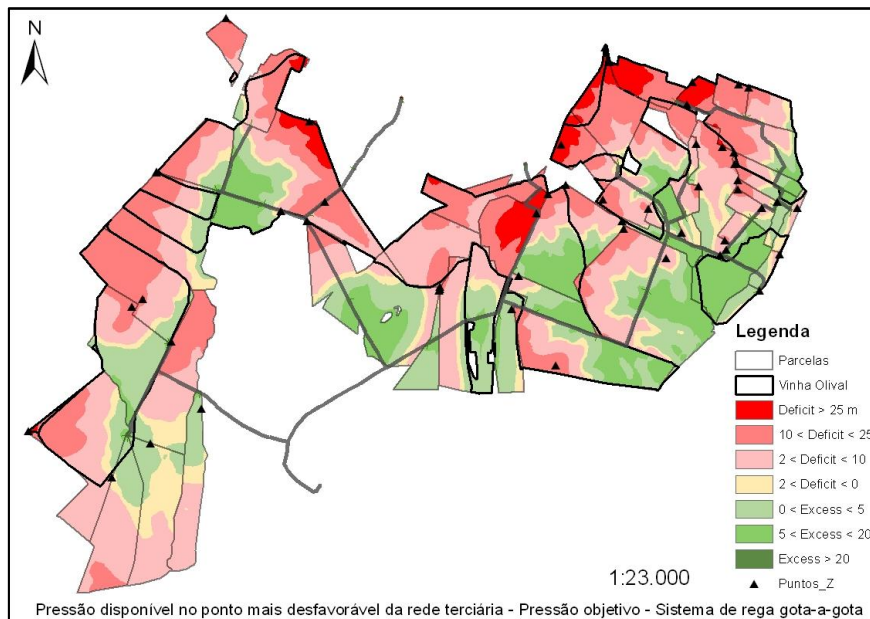


Figura 6.30 – Cenário 1 – Método de rega gota-a-gota – Pressão objetivo

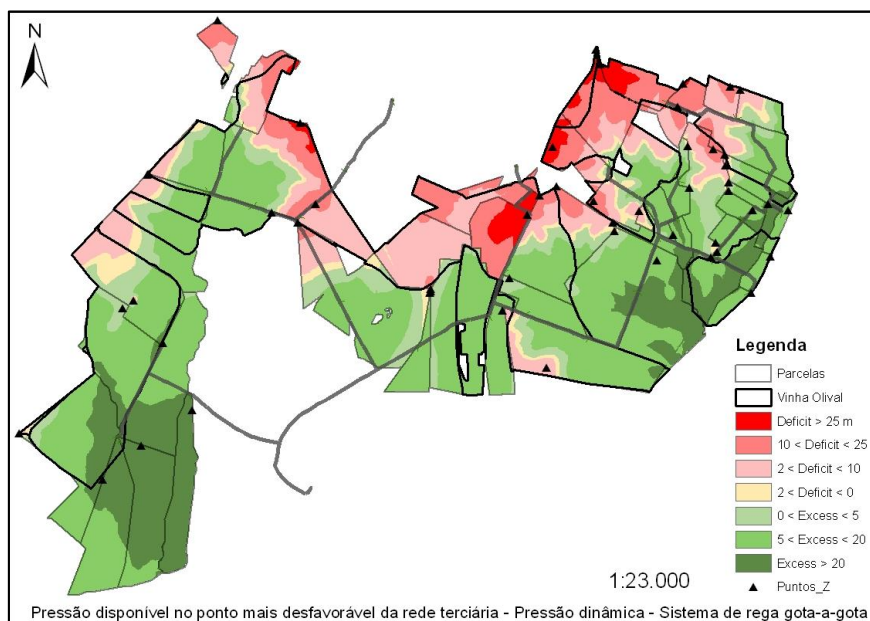


Figura 6.31 – Cenário 1 – Método de rega gota-a-gota – Pressão dinâmica

Outro dos sistemas de rega considerados, diz respeito à aspersão convencional, que apresenta a seguinte distribuição da pressão objetivo (Figura 6.32) e da pressão dinâmica (Figura 6.33) no interior das parcelas:

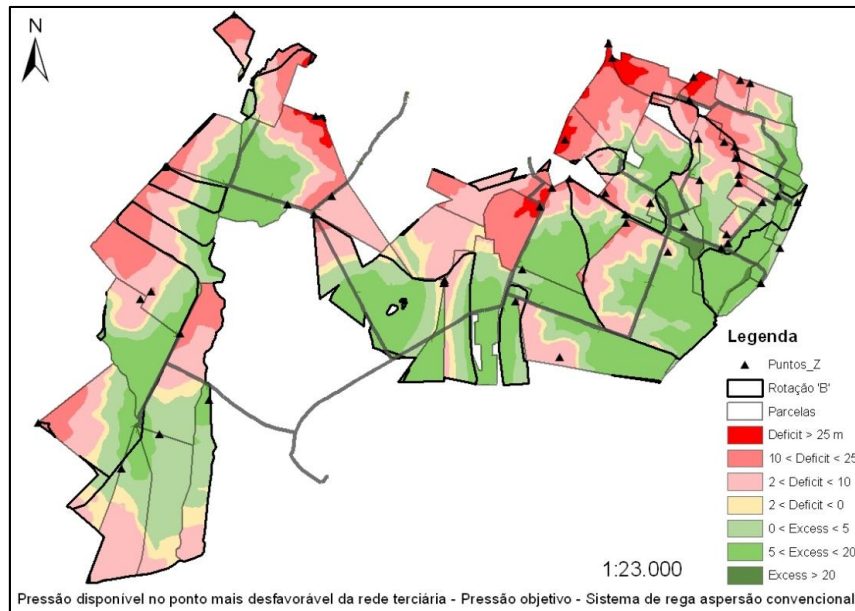


Figura 6.32 – Cenário 1 – Método de rega aspersão convencional – Pressão objetivo

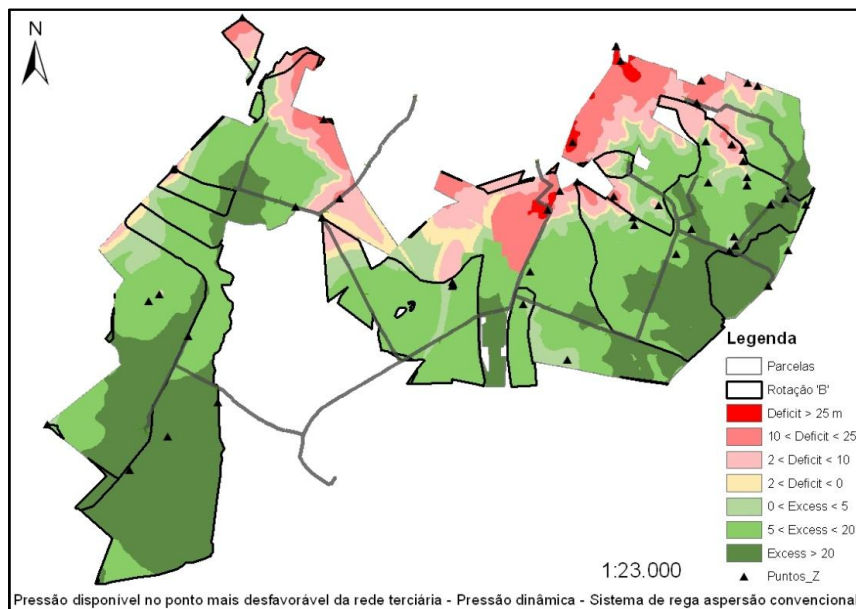


Figura 6.33 – Cenário 1 – Método de rega aspersão convencional – Pressão dinâmica

Este sistema de rega não apresenta uma perda de carga no filtro do equipamento de rega tão elevada relativamente ao método de rega gota-a-gota, o que origina menos áreas com défices

de pressão, superiores a 25 m.c.a. É possível visualizar que, como também acontece no sistema de rega gota-a-gota, as parcelas que apresentam défices de pressão são servidas por bocas de rega que se encontram mais afastadas do início da rede, e conseqüentemente apresentam perdas de carga superiores, que fazem com que a pressão dinâmica diminua. É também possível visualizar que, as áreas com défices de pressão contém o ponto crítico da parcela, ou seja, são as áreas mais desfavorecidas, localizadas em pontos mais elevados e mais distantes da boca de rega.

Outro dos sistemas de rega considerado corresponde ao *pivot*, que origina os seguintes mapas de pressões disponíveis:

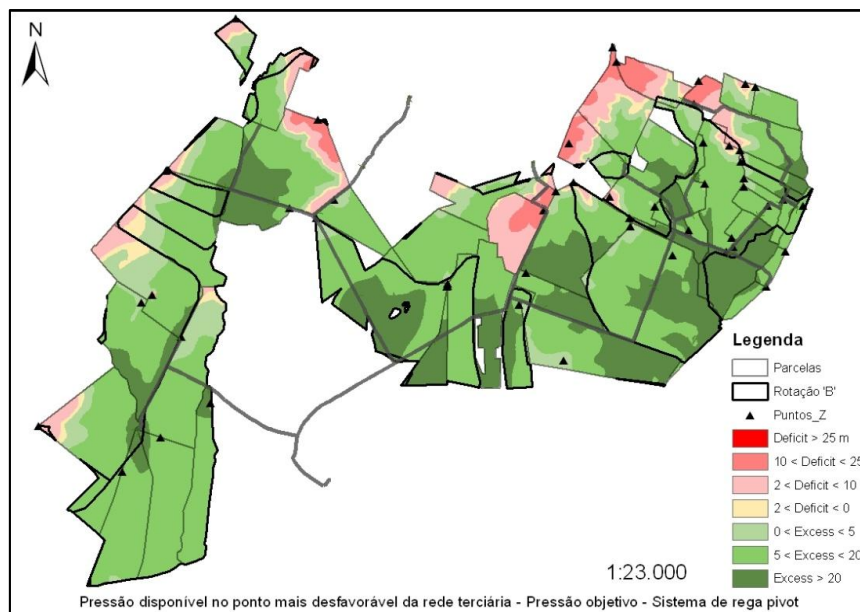


Figura 6.34 – Cenário 1 – Método de rega *pivot* – Pressão objetivo

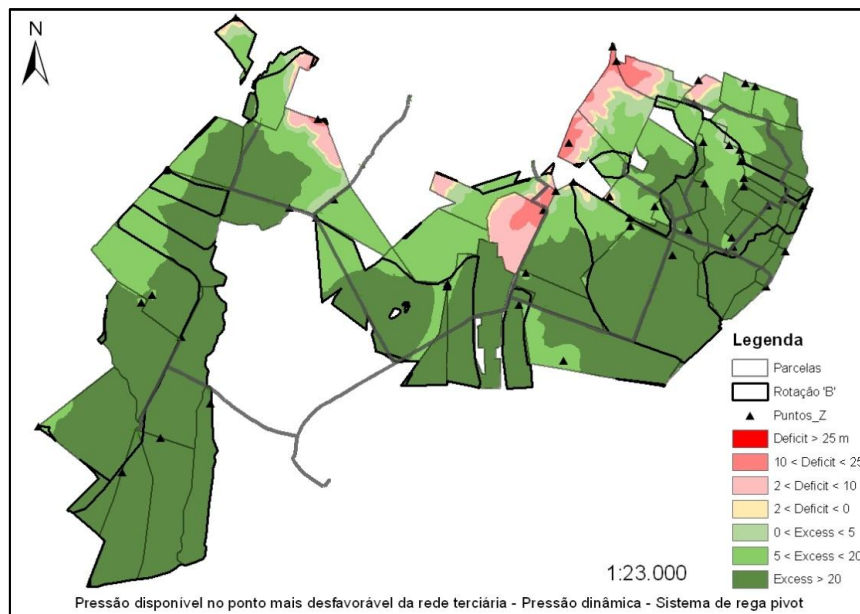


Figura 6.35 – Cenário 1 – Método de rega *pivot* – Pressão dinâmica

O método de rega *pivot* demonstra ser o mais eficiente, onde existem menos áreas com défices de pressão, devido às características do equipamento, que produz menos perdas de carga.

O cenário 2 é o cenário que apresenta mais interesse para a EDIA, uma vez que, a empresa tem que assegurar a pressão disponível à saída da boca de rega, estando a rede terciária, por conta do agricultor.

Na Figura 6.36 e Figura 6.37 é possível visualizar os dois mapas de pressão objetivo e pressão dinâmica, disponíveis.

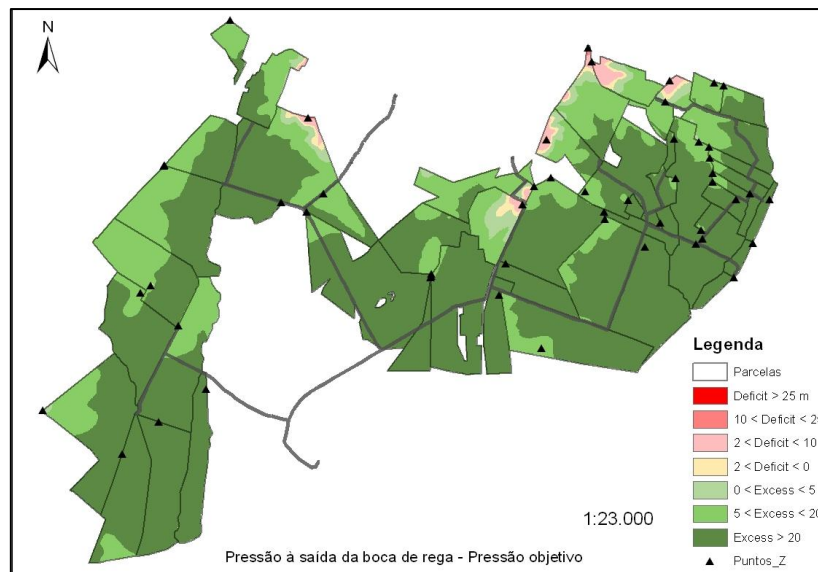


Figura 6.36 – Cenário 2 – Pressão objetivo

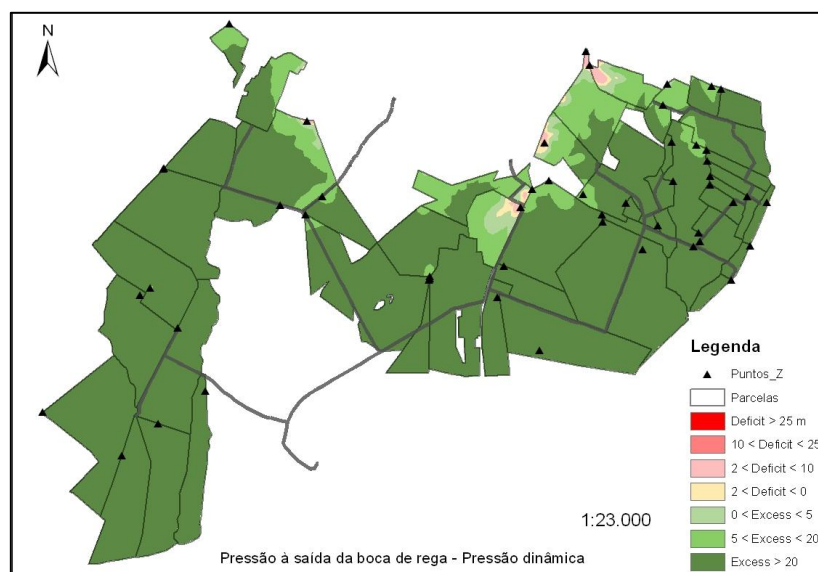


Figura 6.37 – Cenário 2 – Pressão dinâmica

Através da análise dos mapas, resultantes do cenário 2, verifica-se que a pressão objetivo e a pressão dinâmica produzem défices de pressão mais baixos, e em áreas menores, quando comparadas com o cenário 1. Isto, porque neste cenário, apenas se considera a perda de carga que se faz sentir no conjunto hidrante (boca de rega), desprezando as perdas de carga que ocorrem na rede terciária.

As zonas que apresentam défices de pressão, são as zonas servidas por ramais localizados nos extremos da rede, e conseqüentemente, a água ao passar nesses troços sofre uma perda de carga superior, o que conseqüentemente faz com que a pressão dinâmica seja inferior.

É no entanto, importante referir que, grande parte das áreas que apresentam défices de pressão pertencem a parcelas em que é necessário baixar a pressão objetivo da boca de rega associada, para ser possível executar o dimensionamento da rede, produzindo assim implicações a nível de défices de pressão.

Modelo de simulação

Neste ponto, são analisados os resultados obtidos no ponto 5.3.7.1.

São efetuadas duas simulações utilizando a probabilidade de abertura de bocas aleatório e probabilidade de Clément.

Definem-se 100 simulações utilizando 50 a 90% de bocas abertas para o critério aleatório, e 50 a 90% de bonificação para a probabilidade de Clément.

Utilizando o critério aleatório, o simulador de cenários produz os seguintes resultados:

	QMax	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
50	576,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	705,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	814,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	922,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	1045,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 6.38 – Simulador de cenários - Critério aleatório

É possível visualizar que, o valor do campo Q_{MAX} para 90% de bocas abertas (1045,7 l/s), apesar de ultrapassar o caudal de dimensionamento (1015,3 l/s), não produz bocas com défices de pressão. Isto acontece, porque se efetua a simulação da rede, utilizando o mesmo caudal nominal para as bocas, que é utilizado no dimensionamento da rede, ou seja, o caudal que circula nas tubagens junto às bocas é o mesmo caudal que é considerado pelo dimensionamento, através do campo Q . O valor relativo ao caudal médio (1045,7 l/s) é superior ao caudal de dimensionamento, porque o número de bocas abertas na simulação é superior ao número de bocas abertas no dimensionamento da rede. No entanto, este aumento

do número de bocas de rega abertas, que produz um caudal circulante na rede superior, não é suficiente para gerar bocas de rega com défices de pressão.

Utilizando o critério de abertura de bocas de rega probabilidade de Clément, o simulador de cenários produz os seguintes resultados:

	GMax	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
50	1144,9	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
60	1163,6	1	0	0	1	0	0	1	2	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
70	1169,9	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	2	1	1
80	1175	1	0	2	1	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1
90	1176,9	1	0	1	1	2	0	0	1	0	2	2	1	1	1	1	2	2	0	0	2	2	1

Figura 6.39 – Simulador de cenários - Critério Probabilidade de Clément

Este critério utiliza uma bonificação para a probabilidade de abertura das bocas, que produz um caudal médio de 1144,9 l/s para uma bonificação de 50%. Como a rede de rega é dimensionada para um caudal de 1015,3 l/s, apresenta alguns problemas, utilizando um caudal circulante bastante superior, neste caso de 1144,9 l/s, ocorrendo défices de pressão para as bocas mais desfavoráveis da rede.

Para as várias percentagens de bonificações consideradas (50 a 90%), as bocas que apresentam défices de pressão são as seguintes:

Tabela 6.6 – Bocas com défice de pressão – Critério Probabilidade de Clément

ID Nó	Défice Máximo (m.c.a)	Número de falhas
144	0,4	299
70	0,1	122

A localização espacial das bocas é definida na Figura 6.40.

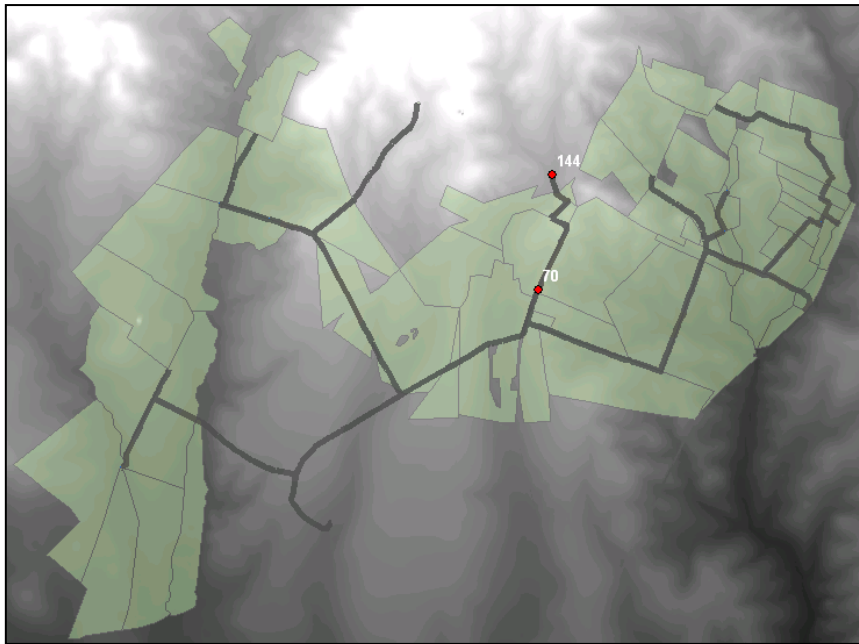


Figura 6.40 – Localização das bocas com déficit de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément

Através da Figura 6.41 é também possível visualizar as bocas com défices de pressão, através da representação da intensidade do seu déficit, para a simulação nº 1, utilizando uma bonificação de 80%.

É também possível visualizar a existência de dois troços, que ultrapassam o limite máximo de velocidade, devido ao aumento do caudal circulante na rede.

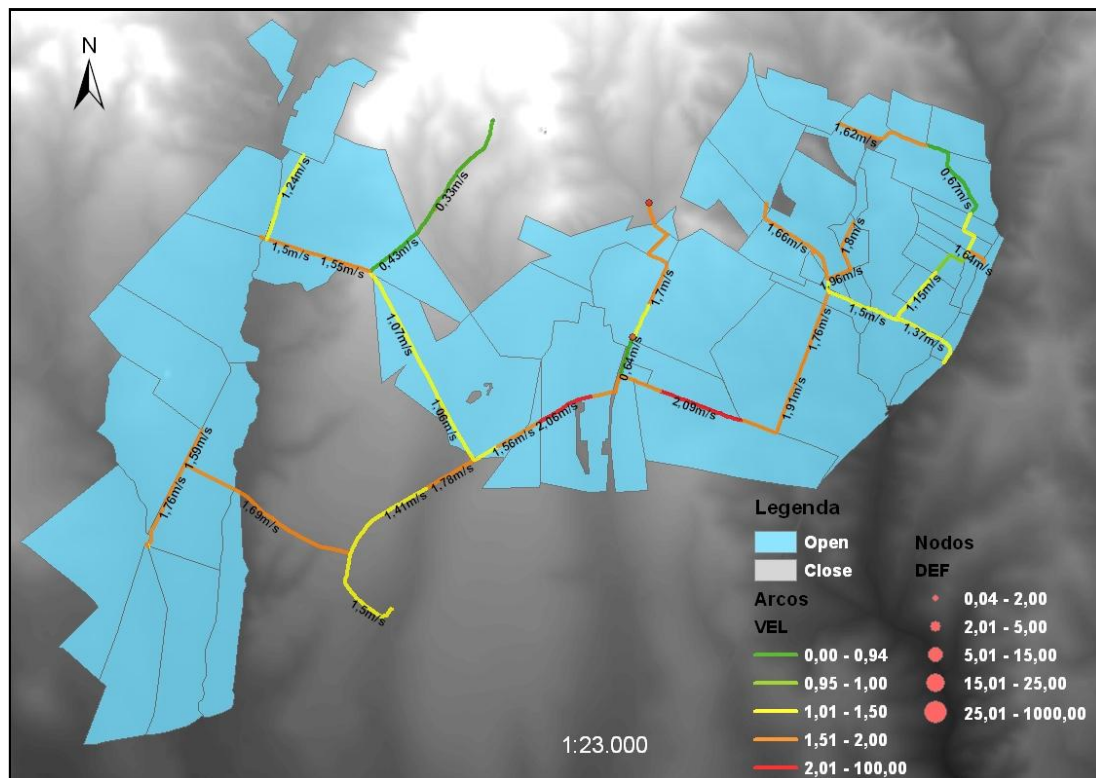


Figura 6.41 – Representação dos défices de pressão e velocidades nas condutas

As parcelas que apresentam a cor azul, correspondem às parcelas em que a boca de rega associada está aberta na simulação, e as parcelas a cinzento, as parcelas em que a boca de rega associada está fechada durante a simulação, sendo que neste caso, todas as bocas da rede estão abertas, devido à bonificação atribuída.

As bocas 144 e 70 apresentam défices de pressão, uma vez que estão localizadas em pontos mais desfavoráveis da rede, em que a pressão dinâmica, resultante do dimensionamento da rede, é muito próxima da pressão objetivo.

A boca de rega 144 é uma das bocas em que se atribui a pressão objetivo definida pelo projetista, (Tabela 5.5), sendo definida uma pressão objetivo de 17,43 m.c.a. No entanto, a boca 70 mantém a pressão objetivo definida inicialmente, de 40 m.c.a. Relativamente à pressão dinâmica atribuída pelo DIOPRAM, para a boca 144, é definida uma pressão dinâmica de aproximadamente 17,99 m.c.a e para a boca 70, uma pressão dinâmica de 41,21 m.c.a.

Ao executar uma simulação, utilizando um número maior de bocas abertas, relativamente ao número de bocas abertas consideradas no dimensionamento, esta produz um caudal circulante

na rede, superior, e conseqüentemente perdas de carga superiores, que diminuem a pressão dinâmica ao longo da rede. Como a margem entre a pressão objetivo e a pressão dinâmica para as bocas acima referidas, é muito reduzida, não é suficiente para suportar o aumento de perda de carga na rede, originando défices de pressão.

As bocas de rega 144 e 70 falham para todas as percentagens de bonificações atribuídas (50%,60%,70%,80% e 90%) apresentando défices máximos de 0,4 e 0,1 m.c.a respetivamente. O número de falhas aumenta, à medida que se aumenta a bonificação a atribuir à probabilidade de abertura, apresentando a boca 144 um total de 89 falhas, e a boca 70, um total de 55 falhas, para 90% de bonificação atribuída.

Extensão da rede de rega

Neste ponto, são analisadas as bocas de rega que apresentam défices de pressão, para os três cenários de extensão da rede criados, de forma a poder tirar alguma conclusão, sobre o impacto da adição de um novo ramal na rede.

O cenário 1, descrito no ponto 5.3.8.1, representa a adição de um novo ramal numa conduta final da rede, podendo ver a sua localização na Figura 5.14.

A simulação da rede, com o novo ramal adicionado, utilizando o critério de abertura aleatório, para 50 simulações, com 70% de bocas abertas, origina um caudal médio de dimensionamento de 562,7 l/s (campo Q_{MAX}), bastante inferior ao caudal de dimensionamento da rede, não apresentando bocas com défices de pressão.

Como existe menos água a circular na rede, não existe tanta perda de carga, e todas as bocas da rede consideradas abertas, apresentam uma margem entre a pressão objetivo e a pressão dinâmica, superior ao valor da perda de carga, não ocorrendo assim bocas com défices de pressão.

A simulação efetuada para a rede original, utilizando o mesmo critério de abertura de bocas de rega, origina um caudal médio de 541,6 l/s, não apresentando bocas com défices de pressão.

A simulação efetuada para a rede com o novo ramal, utilizando o critério de abertura de bocas probabilidade de Clément, para 50 simulações, utilizando uma bonificação de 70%, produz um caudal médio de 1167,1/s, bastante superior ao caudal de dimensionamento da rede. Desta

forma, como a rede não consegue comportar um caudal tão elevado, ocorrem défices de pressão para as seguintes bocas de rega:

Tabela 6.7 – Bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede aumentada

ID Nó	Défice Máximo (m.c.a)	Número de falhas
144	0,7	39
45	1,2	14
46	1,3	15
70	0,4	21
272	6,1	24

A localização espacial das bocas que apresentam défices de pressão referidas na Tabela 6.7 é identificada na Figura 6.42.

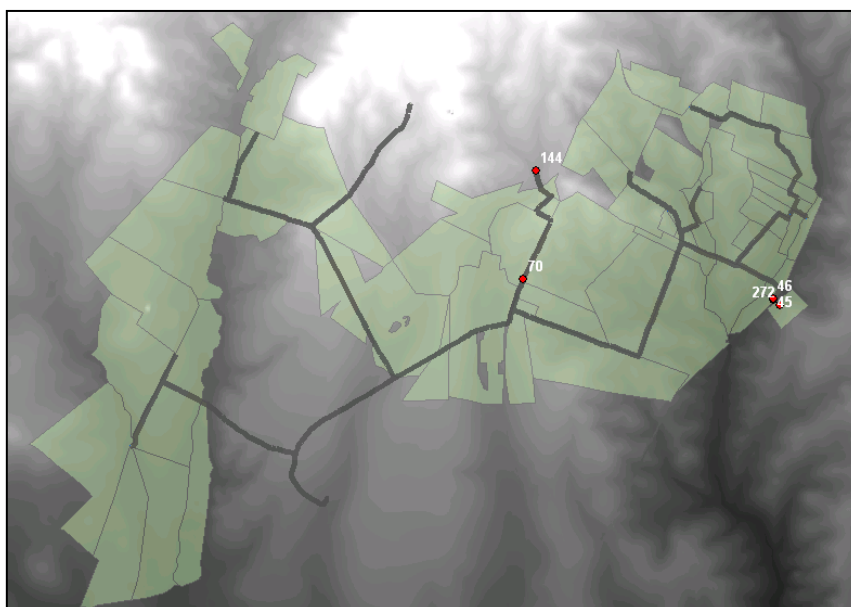


Figura 6.42 – Localização das bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede aumentada

O utilizador, ao efetuar um duplo *click* em cada uma das bocas que apresenta défices de pressão, o simulador de cenários cria o gráfico, com a relação entre a pressão objetivo e a pressão dinâmica (Figura 6.43).

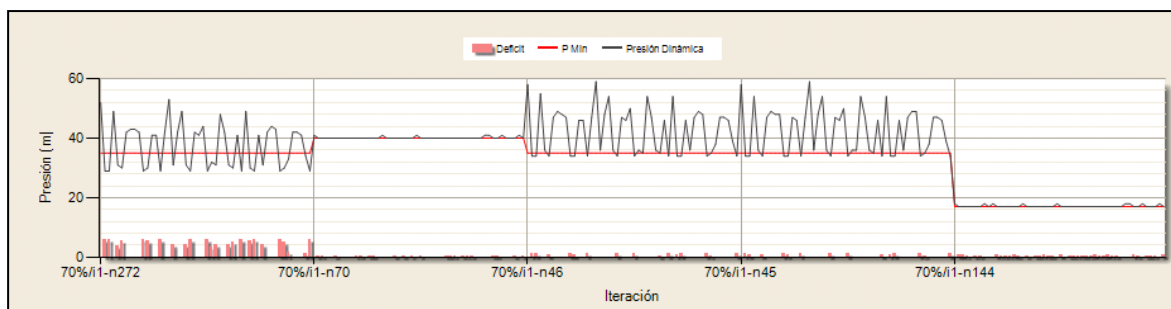


Figura 6.43 – Relação entre a pressão objetivo e a pressão dinâmica

Na Figura 6.43 estão representadas as cinco bocas de rega que apresentam défices de pressão. No eixo das abcissas é possível visualizar, para cada um dos nós selecionados, o comportamento da pressão dinâmica, ao longo das simulações. Sempre que a pressão dinâmica é inferior à pressão objetivo, o gráfico gera uma barra na vertical, para a simulação onde ocorre o déficit, em que a sua altura corresponde à diferença entre a pressão objetivo e a pressão dinâmica. A boca de rega que apresenta défices de pressão superiores, corresponde à boca 272, em que a pressão dinâmica ao longo das simulações, é várias vezes bastante inferior ao valor da pressão objetivo, apresentando o déficit máximo de 6,1 m.c.a, como se pode visualizar na Tabela 6.7.

Através da Tabela 6.8, é possível visualizar, que as bocas de rega 144 e 70 apresentam uma diferença entre a pressão dinâmica e a pressão objetivo, muito pequena, não sendo suficiente para compensar o valor adicional da perda de carga, contrariamente às bocas 45 e 46.

Tabela 6.8 – Resumo dos dados do dimensionamento – Bocas com déficit de pressão – Cenário 1

Nº boca de rega	Dados dimensionamento	
	Pressão objetivo (m.c.a)	Pressão dinâmica (m.c.a)
144	17,43	17,99
45	35	51,08
46	35	50,93
70	40	41,21
272 ⁹		

As bocas 45 e 46 apresentam défices de pressão, porque se encontram no mesmo troço que o novo ramal adicionado. Ao aumentar o caudal da rede, devido à adição de uma nova boca de rega, aumenta a velocidade da água nas condutas e consequentemente as perdas de carga são

⁹ Corresponde à boca de rega adicionada, logo não foi considerada no dimensionamento da rede

maiores. Como as bocas 45 e 46 estão ligadas ao mesmo troço da rede secundária que a boca adicionada, recebem um valor de perda de carga superior, relativamente às restantes bocas da rede, e a margem entre a pressão objetivo e a pressão dinâmica para estas bocas, não é suficiente para suportar o valor da perda de carga adicional. Através da imagem, é possível visualizar os troços onde circula mais água e onde existe uma perda de carga mais elevada.



Figura 6.44 – Trajetória da água até chegar à nova boca de rega

Depois de eliminar o novo ramal, efetua-se outra simulação, utilizando o mesmo critério de abertura de bocas de rega, que produz um caudal médio de 1165,1 l/s, para uma bonificação de 70%, originando a seguinte boca com défice de pressão:

Tabela 6.9 – Bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede original

ID Nó	Défice Máximo (m.c.a)	Número de falhas
144	0,2	24

Isto significa, que a margem entre a pressão dinâmica e a pressão objetivo desta boca de rega, não é suficiente para compensar a perda de carga gerada na rede original, para um determinado número de bocas abertas.

Através do critério de abertura de bocas, probabilidade de Clément, pode-se verificar, que a adição do novo ramal produz défices de pressão para as bocas nº 70, 45 e 46, as quais não apresentam défices de pressão, quando simuladas na rede inicial.

O próximo cenário analisado corresponde ao cenário 2, descrito no ponto 5.3.8.2, em que se adiciona um novo ramal no início da rede de rega.

A simulação da rede com o novo ramal adicionado, utilizando o critério de abertura aleatório, para 50 simulações, com 70% de bocas abertas, produz um caudal médio de dimensionamento de 551 l/s, bastante inferior ao caudal de dimensionamento da rede, não apresentando bocas com défices de pressão.

Simulando a rede original, e utilizando os mesmos parâmetros da simulação anterior, resulta um caudal médio de dimensionamento de 526,6 l/s, não existindo bocas com défices de pressão. A explicação para este facto está descrita no cenário 1, uma vez que o critério adotado em cada um dos cenários é o mesmo.

Relativamente ao critério de abertura de bocas, probabilidade de Clément, resulta um caudal médio de 1200,03 l/s para a rede com o novo ramal, fazendo com que as bocas identificadas na Tabela 6.10 apresentem défices de pressão.

Tabela 6.10 – Bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede aumentada

ID Nó	Défice Máximo (m.c.a)	Número de falhas
144	0,4	31
70	0,2	21

As bocas com défice de pressão apresentam a seguinte distribuição espacial:

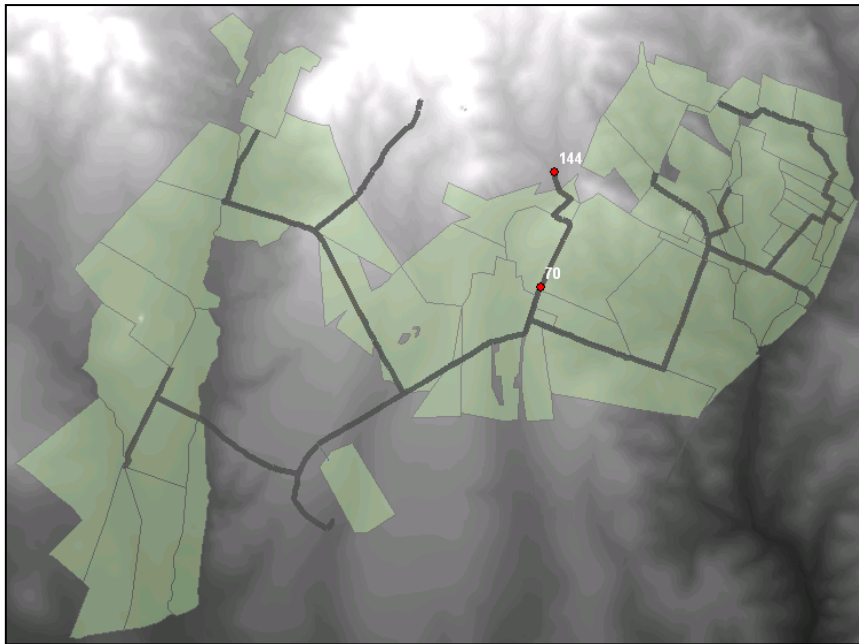


Figura 6.45 – Localização das bocas com déficit de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede aumentada – Cenário 2

Como referido anteriormente, as bocas 144 e 70 apresentam a pressão objetivo e a pressão dinâmica muito semelhantes.

A adição do novo ramal na rede aumenta o caudal circulante e consequentes perdas de carga, apenas para o troço inicial da rede. No entanto, esse aumento da perda de carga é suficiente para gerar défices de pressão nas bocas 144 e 70.

Depois da simulação anterior ter sido efetuada, elimina-se o ramal adicionado e simula-se novamente a rede, produzindo um caudal médio de 1153,9 l/s, não se obtendo bocas com défices de pressão.

Através dos dados obtidos pela simulação, utilizando o critério probabilidade de Clément, é possível apurar que, o ramal adicionado ao início da rede não apresenta impactos significativos para as bocas de rega passadas ao EPANET, como abertas.

Para a boca adicionada, não há défices de pressão, porque o nó está situado no início da rede, e a pressão dinâmica deve estar próxima dos 68,8 m.c.a. Assim, a perda de carga que se faz sentir desde o início da rede até à boca adicionada, não é suficiente para que a pressão dinâmica seja inferior à pressão objetivo.

Relativamente ao cenário 3, a simulação efetuada para o critério de abertura de bocas aleatório não produz défices de pressão, uma vez que o caudal médio calculado (513 l/s) para a rede aumentada, com determinadas bocas abertas, é bastante inferior ao caudal de dimensionamento da rede.

A mesma simulação efetuada, para a rede original produz um caudal médio de (Q_{MAX}) de 506,2 l/s, não existindo também bocas com défices de pressão.

Utilizando o critério de abertura de bocas probabilidade de Clément para a rede aumentada, origina um caudal médio de 1167,4 l/s bastante superior ao caudal de dimensionamento da rede, originando défices de pressão para a boca de rega referida na Tabela 6.11.

Tabela 6.11 – Bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede aumentada

ID Nó	Défice Máximo (m.c.a)	Número de falhas
144	0,3	26

A análise para esta boca de rega encontra-se descrita no cenário anterior.

Depois de repostos o valor da área da parcela e do caudal da boca de rega em estudo, efetua-se uma nova simulação, que gera um caudal de dimensionamento de 1159,7 l/s, originando défice de pressão novamente para a boca 144, como identificado na Tabela 6.12.

Tabela 6.12 – Bocas com défice de pressão – Critério de abertura probabilidade Clément – Rede original

ID Nó	Défice Máximo (m.c.a)	Número de falhas
144	0,1	10

É possível visualizar que esta boca apresenta um défice máximo de 0,1 m.c.a, quase desprezável.

Desta forma, através da análise de resultados efetuada para cada um dos cenários, é possível concluir que o cenário mais prejudicial para a rede corresponde ao cenário 1, uma vez que, como o ramal adicionado se encontra mais longe do início da rede, algumas bocas de rega são prejudicadas com o valor de perda de carga adicional, em especial as bocas 45 e 56.

7. Alternativas em *open source*

Uma vez que todo o *software* utilizado neste trabalho de estágio, à exceção do EPANET, é pago, nomeadamente o ArcGis (licença ArcInfo), DIOPRAM e a própria aplicação SIGOPRAM, que se for utilizada pela EDIA, tem também um custo associado, efetua-se uma pesquisa de forma a verificar se existem aplicações no mercado, que disponibilizem funcionalidades semelhantes ao SIGOPRAM, mas de forma gratuita, e que possam ser executadas em *software* de SIG, também gratuito.

É encontrada uma aplicação que diz respeito ao GHydraulics, um *plugin* do *software* de SIG Quantum Gis, que oferece a possibilidade de exportar redes de abastecimento de água para análise no EPANET. Relativamente à componente de dimensionamento, possui uma função que permite calcular diâmetros económicos baseados nos caudais fornecidos pelo utilizador, trabalhando com diâmetros entre os 80 e 1000 mm.

Este *plugin* comparado com a aplicação SIGOPRAM, é bastante simplista. Em primeiro lugar, porque não permite o desenho de redes de rega com as ferramentas apropriadas, como por exemplo, a inserção de bocas de rega ou hidrantes. Relativamente à componente de simulação, o utilizador tem de exportar a sua rede para o EPANET e a partir daí é que pode efetuar as simulações. Relativamente ao modelo de dimensionamento, apenas calcula os diâmetros económicos, enquanto o DIOPRAM, para além de calcular os diâmetros a nível económico, calcula a velocidade com que a água circula nas condutas, a pressão dinâmica, o tipo de material.

O *plugin GHydraulics* do Quantum Gis é a única aplicação encontrada que apresenta funcionalidades semelhantes ao SIGOPRAM, e que pode ser executada num *software* de SIG *open source*.

8. Conclusões e Perspetivas de trabalho futuro

No início deste estágio, nomeadamente nas duas primeiras semanas, foi necessário ler a documentação e explorar a aplicação que iria ser utilizada, o SIGOPRAM. Também foi necessário estudar alguns conceitos de hidráulica, como por exemplo a 1ª fórmula de Clément que é utilizada para dimensionar as redes através do DIOPRAM.

Como já foi referido, um dos objetivos deste trabalho foi o de aproximar o mais possível os resultados do dimensionamento efetuado pelo DIOPRAM, aos resultados do dimensionamento obtidos pelo projetista externo. Pretendeu-se assim testar a “fiabilidade” da aplicação, e permitir à EDIA, a realização interna de trabalhos semelhantes para o dimensionamento de novas redes de rega.

Desta forma, foi necessário identificar os dados de entrada que o projetista utilizou, nomeadamente o caudal que o mesmo pretende que esteja disponível em cada boca de rega, para que o DIOPRAM consiga, com base nessa informação, calcular o caudal necessário ao início da rede e as características dos materiais a atribuir às tubagens para suportar esse mesmo caudal. No entanto, no projeto de execução, esta informação não vem referida, o que dificultou a escolha dos dados de entrada a utilizar na simulação no SIGOPRAM.

A escolha do caudal foi efetuada por tentativa e erro, tendo-se atribuído a informação relativa ao caudal nominal, para todas as bocas de rega, o que originou um caudal ao início da rede superior em 1,63%, relativamente ao caudal calculado pelo projetista.

Desta forma, considerando a diferença de 1,63% muito pouco significativa, verificou-se que a aplicação SIGOPRAM, nomeadamente o *software* DIOPRAM, produziu resultados semelhantes aos resultados obtidos pelo projetista relativamente ao caudal circulante ao início da rede de rega. Contudo, não foi possível identificar com exatidão a razão da diferença encontrada. Possivelmente, poderá dever-se a algumas diferenças relativamente às parametrizações que cada um dos *software* de dimensionamento utiliza.

Através do modelo de simulação, foi possível identificar as bocas de rega que podem ou poderão apresentar défices de pressão, e verificar se a extensão da rede em estudo, poderá ou não trazer, consequências para as restantes bocas da rede.

Quanto ao trabalho que poderá vir a ser desenvolvido no futuro, salienta-se a atualização da Tabela de Tubagens e a Tabela de Hidrantes (atualmente baseada em valores de Espanha), introduzindo os materiais e respetivas características que se utilizam na EDIA.

Outro aspeto que poderá constituir uma mais-valia, prende-se com a aplicação do modelo de dimensionamento para redes de rega de maiores dimensões. Uma vez que o dimensionamento é efetuado com base na 1ª fórmula de Clément, e a mesma assenta numa base estatística, serão produzidos melhores resultados quanto maior for o número de bocas de rega, verificando assim, como a aplicação se comporta no dimensionamento de redes de maiores dimensões.

De referir também, a possibilidade de explorar o *software* WINGENERA, no modelo de simulação, que não foi utilizado neste estágio, por falta de tempo.

Relativamente à aplicação SIGOPRAM, saliento algumas alterações que poderiam ser introduzidas à estrutura da mesma, tais como:

- as ferramentas de edição, poderiam estar centralizadas numa só barra de ferramentas, de modo a evitar a sua repetição. Situação semelhante ao que acontece com o botão Modelação, que dá acesso às ferramentas de importação e exportação para o DIOPRAM, exportação para o EPANET e Gestar, que se encontram disponibilizadas no Painel de Controlo. Esta alteração permitiria tornar a barra de ferramentas principal mais simples e intuitiva, o que se traduziria num ganho de tempo e eficiência;
- a *combobox* que dá acesso aos vários *layers* já definidos, poderia ter uma *label* associada com informação sobre o conteúdo da mesma e os *layers*. Também deveriam ser atualizados, dado que grande parte deles se encontra descontinuada.

Neste estágio, foi possível conhecer uma nova ferramenta de trabalho, o SIGOPRAM, e o seus modelos de dimensionamento e simulação, e ao mesmo tempo adquirir conhecimentos básicos sobre a componente de hidráulica que a aluna não possuía.

9. Bibliografia

ASG. (2012). “SIGOPRAM – Aplicación GIS para el Diseño de Redes de Riego a Demanda: Manual de Usuario (versión 0), “Aigues del Segarra Garrigues, SA

ANDRADE, C. L.T.; BRITO, R. A. L. (2006). “Cultivo do Milho”, Sistemas de Produção, 2^a Edição, Embrapa Milho e Sorgo, <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/imetodos.htm> (Ago. 31, 2013).

BORGES, A.L. (2009).”Sistema de Produção da Bananeira Irrigada”, Embrapa Semiárido, <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananeiraIrrigada/irrigacao.htm>> (Set. 09, 2013).

CUDELL, G. (2000). “Manual de instalação de rega” – Gustavo Cudell Lda, Lisboa, <http://cudell.pt/sites/cudell.pt/files/files/OS/Manual_Instalador/Manual_de_Instalacao_de_Rega.pdf> (Ago. 23, 2013).

EDIA. (2006a). “Estudo de impacte ambiental dos blocos de rega Alvito – Pisão: Resumo não técnico”, Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A. Beja, <http://www.edia.pt/edia/docs/RNT_Ambiente/RedeSecundaria/RNTBlocoAlvitoPisao.pdf> (Jun. 12, 2013).

EDIA. (2006b). Projeto de execução dos blocos de rega do Alvito – Pisão. Volume II.2 – Estação elevatória EE3. TOMO II.2.1 – Memória descritiva e justificativa e medições, Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A.

EDIA. (2006c). Projeto de execução dos blocos de rega do Alvito – Pisão. Volume III.4 – Rede secundária de rega. Bloco de Cuba Este 1. TOMO III.4.1 – Memória descritiva e justificativa e medições, Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A.

EDIA. (2006d). Barragem da Amoreira e bloco de rega Orada-Amoreira, Projeto de execução, Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A.

EDIA. “Visão, Missão e Estratégia”, Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A.

EDUARDS, J. et al. (2011). “Benefits of integrating GIS and hydraulic modeling”, <http://downloads2.esri.com/ESRIpress/images/204/Hydraulic_Modeling_and_GIS.pdf> (Set. 26, 2013)

EPA (2008). “EPANET”, United States Environmental Protection Agency, <<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html#description>> (Mar. 11, 2013).

EPANET.DE. (2013). “GHydraulics integrates EPANET and QGIS”, <<http://epanet.de/ghydraulics/>> (Set. 04, 2013).

FLUING (2003). “DIOPRAM – Diseño Óptimo de Redes Ramificadas”, Innovación e Inteligencia Multidisciplinar en Ingeniería de Fluidos, <<http://fluing.upv.es/diopram.php>> (Mar. 11, 2013).

FRIZZONE, J. A. (2013). “Irrigação localizada”, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

FORTES, P.S. (2012). “SIGOPRAM – Aplicación SIG para el diseño optimizado de redes de riego”, Aigues del Segarra Garrigues, SA, <<http://www.slideshare.net/ESRI/sigopram>> (Mar. 08, 2013).

JACOBSEN, L., FANG, M., KAMOJALA, S. (2008). “GIS and Model Applications from an Integrated System”, <<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40941%28247%29121>> (Set. 26, 2013).

LAMADDALENA, N.; SAGARDOY, J.A. (2000). “Performance analysis of on-demand pressurized irrigation systems”, Irrigation and Drainage Paper n°59, FAO, Roma, <<ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp59.pdf>> (Jul. 12, 2013).

LONGLEY, P.A. et al. (2005). “Geographic Information Systems and Science”, 2ª Edição, West Success, Inglaterra, <http://www.google.pt/books?hl=ptPT&lr=&id=toobg6OwFPEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=geographic+information+systems&ots=yi_ivREqyo&sig=mWooFg5KRfjfnSG5XqOLaOAj8&

[redir_esc=y#v=onepage&q=geographic%20information%20systems&f=false](#)> (Set. 19, 2013).

OLAYA, V. (2010). “Sistemas de Información geográfica: Tomo I”, Versão 1.0, <<http://www.bubok.es/libros/191920/Sistemas-de-Informacion-Geografica>> (Ago. 19, 2013).

OLIVEIRA, I. (2011). “Técnicas de Regadio - Teoria e Prática”, 2ª Edição, Beja: Isaurindo Oliveira. ISBN 978-989-20-2692-3.

PAULO, V.; AZEVEDO, S. (2010). “Dimensionamento de redes de rega para distribuição a pedido com restrições da liberdade”, Campo d’Água - Engenharia e Gestão, Lda.

RODRIGUES, P.; AZEVEDO, S.; PAULO, V. (2011). “Optimização e análise do funcionamento de um sistema secundário de rega – Aplicação ao bloco do Alfundão Alto”, <http://sir.dgadr.pt/conteudos/jornadas_aph/apresentacoes/s5/34.pdf> (Mar. 26, 2013).

TESTEZLAF, R. (2005). ”Irrigação por aspersão – Técnicas de Irrigação”, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, <<http://webensino.unicamp.br/disciplinas/FA876-055506/apoio/12/aspersao.pdf>> (Ago. 21, 2013).

TESTEZLAF, R. (2011). “Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações”, Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, <http://www.feagri.unicamp.br/irrigacao/livro/livro_testezlaf_versao1.pdf> (Ago. 23, 2013).

VALMONT. (2003). “Catálogo de produtos Valley”, Valmont Irrigation, Uberaba / MG – Brasil, <http://www.pivotvalley.com.br/catalogos/produtos_valley.pdf> (Ago. 23, 2013).

TRAXCO. (2011). “Produção agrícola: rega e cultivo”, Zaragoza, Espanha, <<http://www.traxco.pt/categorias/regas-por-aspersao>> (Ago. 01, 2013).

Anexos

Anexo 1 – Barra de ferramentas principal

Na barra de ferramentas principal do SIGOPRAM, é possível aceder a todas as funcionalidades da aplicação, inclusive algumas funcionalidades de edição, que também se encontram na barra de ferramentas de edição (Figura A2.70).



Figura A1.46 – Barra de ferramentas principal - SIGOPRAM

Simulaciones (Simulações)

O primeiro componente da barra de ferramentas principal diz respeito ao botão *Simulaciones*. A partir deste botão, é possível carregar para o ambiente SIG simulações já criadas, eliminá-las ou criar novas, existindo também a possibilidade de unir duas simulações.

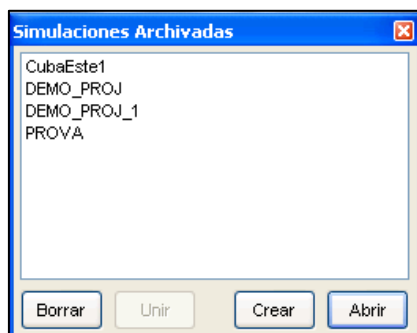


Figura A1.47 – Janela *Simulaciones*

Menu

O item Menu é outro dos componentes que faz parte da barra de ferramentas principal. Através das funcionalidades que a *combobox* disponibiliza, é possível inserir os valores de referência para a execução do modelo de dimensionamento, visualizar as características das bocas de rega, tubagens e hidrantes e aceder à ferramenta Inspeção Geo.mdb, onde é possível visualizar os cálculos efetuados pelo SIGOPRAM, bem como detetar possíveis erros.

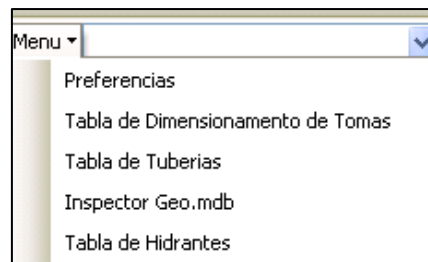


Figura A1.48 – Botão Menu

Preferencias (Preferências)

Através desta *interface*, é possível carregar o Modelo Digital de Terreno (MDT) para a área em estudo, em formato *GRID*. É necessário que o MDT cubra toda a área de estudo, uma vez que a aplicação não permite carregar mais do que um MDT, em simultâneo. Permite também a inserção de valores de referência, que são passados para o *software* DIOPRAM como: Caudal Fictício Contínuo (CFC) em l/s/ha; a duração do horário de rega em horas; o número de bocas com Garantia de Fornecimento¹⁰ igual a 100%, bem como a velocidade mínima e máxima nas condutas em m/s a ser considerada no dimensionamento da rede, como se pode ver na Figura A1.49.

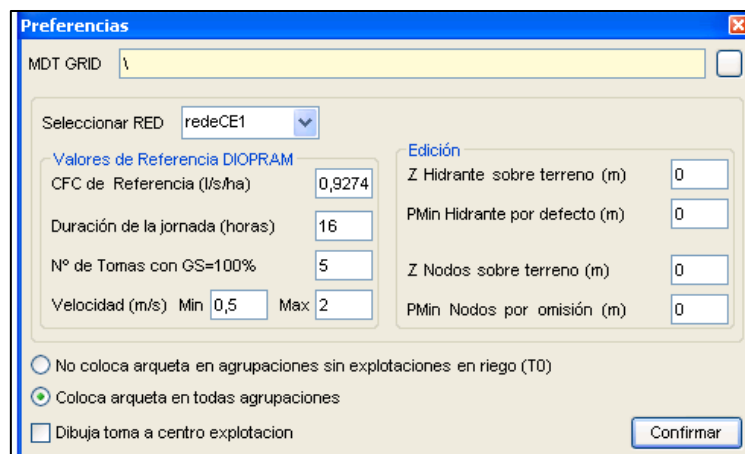


Figura A1.49 – Janela Preferências

O DIOPRAM não dimensiona a rede com parcelas que apresentem um CFC e duração do horário de rega diferentes. Quando a rede serve parcelas, com diferentes características de

¹⁰ Significa Garantia de Suministro (GS) em Espanhol

rega, para as parcelas que possuem um valor de CFC e duração do horário de rega diferente dos valores de referência, é aplicada uma correção da sua superfície. Assim, a superfície de cada parcela no DIOPRAM é calculada da seguinte forma:

$$\text{Superfície DIOPRAM} = \frac{CFC_{pr}}{CFC_{ref}} \times \frac{7 \times TR_{ref}}{DR_{pr} \times TR_{pr}} \times Sup_{Real} \quad (A1.14)$$

Onde:

CFC_{pr} = caudal fictício contínuo real;

CFC_{ref} = caudal fictício contínuo de referência;

TR_{ref} = duração do horário de rega de referência;

DR_{pr} = nº de dias de rega por semana;

TR_{pr} = duração do horário de rega real;

Sup_{real} = superfície real da parcela.

Na mesma *interface* é ainda possível definir por defeito as cotas dos nós à medida que se digitaliza a rede.

Tabla de dimensionamento de Tomas (Tabela de dimensionamento de bocas de rega)

Na tabela de dimensionamento das bocas de rega, é possível visualizar e introduzir para cada diâmetro nominal (DN) o intervalo mínimo e máximo de valores de caudal (Q_{Min} , Q_{Max}) para o funcionamento das Válvulas Hidráulicas Volumétricas (VHV), bem como as pressões de entrada e saída das mesmas.

Tabela A1.13 – Tabela de Válvulas Hidráulicas

DN	Q Min	Q Max	dhMin	dhMax
1 1/2"	0	12	0	35
2"	12	19	0	35
3"	19	55	0	35
4"	55	90	0	35
6"	90	215	0	35
8"	215	325	0	35
1 1/2"	0	25	35	999
2"	25	32	35	999
3"	32	72	35	999
4"	72	125	35	999
6"	125	220	35	999

Sendo:

- DN = diâmetro nominal;
- Q_{Min} = caudal mínimo;
- Q_{Max} = caudal máximo;
- dh_{Min} = pressão de entrada;
- dH_{Max} = pressão de saída.

Tabla de Tuberias (Tabela de tubagens)

Nesta tabela está descrita toda a informação sobre as características das tubagens, como:

Tabela A1.14 – Tabela de tubagens

Referencia	Material	DN	PII	Dint	Rugosidad	PTrabajo	PMaxima	Coste	Utilisar
50_(PEAD-25)	PEAD	50	25	0,036	0,0000	245	245	26,37 €	<input checked="" type="checkbox"/>
50_(PEAD-20)	PEAD	50	20	0,039	0,0000	195	195	23,68 €	<input checked="" type="checkbox"/>
50_(PEAD-16)	PEAD	50	16	0,041	0,0000	155	155	22,06 €	<input checked="" type="checkbox"/>
50_(PEAD-10)	PEAD	50	10	0,044	0,0000	95	95	21,03 €	<input checked="" type="checkbox"/>
63_(PEAD-25)	PEAD	63	25	0,046	0,0000	245	245	29,81 €	<input checked="" type="checkbox"/>
50_(PEAD-6)	PEAD	50	6	0,046	0,0000	55	55	20,59 €	<input checked="" type="checkbox"/>
63_(PEAD-20)	PEAD	63	20	0,049	0,0000	195	195	26,47 €	<input checked="" type="checkbox"/>
63_(PEAD-16)	PEAD	63	16	0,051	0,0000	155	155	24,45 €	<input checked="" type="checkbox"/>
75_(PEAD-25)	PEAD	75	25	0,054	0,0000	245	245	33,34 €	<input checked="" type="checkbox"/>
63_(PEAD-10)	PEAD	63	10	0,055	0,0000	95	95	22,96 €	<input checked="" type="checkbox"/>
63_(PEAD-6)	PEAD	63	6	0,058	0,0000	55	55	22,14 €	<input checked="" type="checkbox"/>
75_(PEAD-20)	PEAD	75	20	0,058	0,0000	195	195	29,36 €	<input checked="" type="checkbox"/>
75_(PEAD-16)	PEAD	75	16	0,061	0,0000	155	155	26,96 €	<input checked="" type="checkbox"/>
90_(PEAD-25)	PEAD	90	25	0,065	0,0000	245	245	39,70 €	<input checked="" type="checkbox"/>
75_(PEAD-10)	PEAD	75	10	0,066	0,0000	95	95	25,08 €	<input checked="" type="checkbox"/>
75_(PEAD-6)	PEAD	75	6	0,069	0,0000	55	55	23,99 €	<input checked="" type="checkbox"/>
90_(PEAD-20)	PEAD	90	20	0,070	0,0000	195	195	34,44 €	<input checked="" type="checkbox"/>
90_(PEAD-16)	PEAD	90	16	0,074	0,0000	155	155	30,85 €	<input checked="" type="checkbox"/>
90_(PEAD-10)	PEAD	90	10	0,079	0,0000	95	95	28,35 €	<input checked="" type="checkbox"/>
110_(PEAD-25)	PEAD	110	25	0,080	0,0000	245	245	46,79 €	<input checked="" type="checkbox"/>
90_(PVC0-25)	PVCO	90	25	0,082	0,0001	245	245	38,57 €	<input type="checkbox"/>

- *Referencia* = corresponde à combinação entre os campos *DN* (diâmetro nominal), *Material* e *PN* (pressão nominal);
- *Material* = tipo de material da conduta;
- *DN* (mm) = diâmetro Nominal da conduta;
- *PN* (Bar) = pressão Nominal da conduta;
- *Dint* (mm) = diâmetro interno da conduta. É a partir deste valor que se aplica a normalização dos diâmetros;
- *Rugosidade* (mm) = valor de rugosidade associado à conduta. É o fator que permite determinar as perdas de carga numa conduta quando estas são modeladas através da fórmula de *Darcy-Weisbach*;
- $PT_{Trabajo}$ (MPa) = pressão nominal de trabalho da conduta. Corresponde à pressão a que a conduta pode funcionar de forma continuada sem prejudicar o material;
- P_{Maxima} (MPa) = pressão máxima que a conduta pode suportar. Se esta pressão for superada origina a rotura da mesma;
- *Coste* (€/m) = custo associado a cada conduta;
- *Utilisar* = se o troço da tubagem vai ser utilizado na simulação.

Todos os registos que tenham o campo *Utilisar* selecionado, podem ser utilizados na escolhida dos materiais a atribuir à rede durante o dimensionamento, através do DIOPRAM.

Inspector GEO.mdb (*Inspetor GEO.mdb*)

O SIGOPRAM possui uma Base de Dados (BD) denominada GEO.mdb, onde é armazenada a informação de cada simulação.

A informação presente na BD é disponibilizada ao utilizador, através da ferramenta Inspetor GEO.mdb, que se encontra na *combox Menu*. Esta ferramenta disponibiliza um conjunto de consultas que são efetuadas diretamente à BD, possibilitando a verificação dos cálculos que são feitos na aplicação, bem como erros que possam surgir.

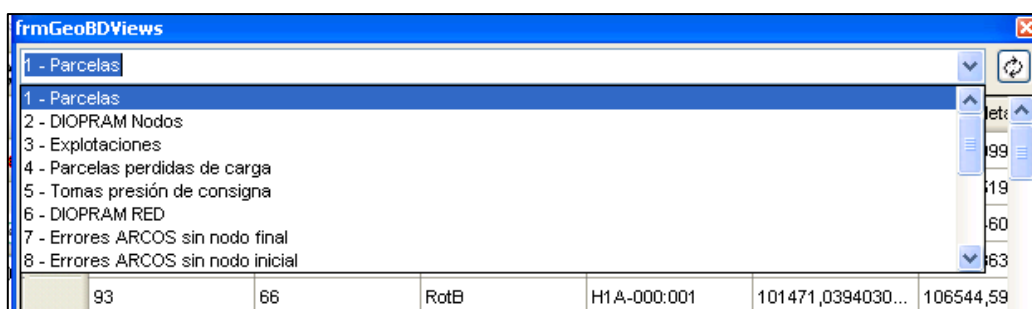


Figura A1.50 – Ferramenta Inspetor GEO.mdb

Tabla de Hidrantes (Tabela de Hidrantes)

Nesta tabela é possível visualizar os vários tipos de hidrantes existentes no mercado, o preço associado, o diâmetro nominal e o caudal mínimo e máximo.

Tabela A1.15 – Tabela de Hidrantes

TIPO2	Precio	DN_Cuello	Q_Min	Q_Max
I-1	3.780,87 €	1 ½"	0	999
I-2	3.849,18 €	2"	0	999
I-3	4.170,31 €	3"	0	999
I-4	4.349,82 €	4"	0	999
I-6	5.921,81 €	6"	0	999
I-8	7.002,78 €	8"	0	999
T-1-1	5.020,82 €	3"	9	15
T-1-2	5.066,17 €	3"	9	15
T-1-3	5.399,23 €	4"	15	27
T-1-4	5.521,12 €	4"	15	27
T-1-6	6.628,82 €	6"	27	62
T-2-1	5.034,76 €	3"	9	15

Sendo:

- *TIPO2* = tipologia do hidrante;
- *Precio* = preço;
- *DN_Cuello* = diâmetro nominal;
- Q_{Min} = caudal mínimo;
- Q_{Max} = caudal máximo.

Toda a informação presente nesta tabela pode ser editada diretamente no SIGOPRAM.

Os valores presentes no campo *TIPO2* lêem-se da seguinte maneira:

I – 1: Hidrante com uma saída de uma polegada

III-1-1-1: Hidrante com três saídas, cada uma com uma polegada

T-1-1: Hidrante com duas saídas, cada uma com uma polegada

Capas Temáticas

A barra de ferramentas principal do SIGOPRAM possui uma *combobox* sem nome associado, ao qual o criador da aplicação intitulou de Capas Temáticas. Nesta *combobox* é possível aceder a vários *layers*, que são desenvolvidos para auxiliar o utilizador na análise dos dados de cada simulação. No entanto, grande parte dos *layers* disponíveis estão descontinuados, uma vez que não representam a informação que se pretendia.

De entre os vários *layers* disponíveis, os que podem ser úteis para analisar os dados de cada simulação, são os seguintes:

- *Arcos – Diámetro* = representa os diâmetros nas condutas;
- *Arcos-Presión* = representa a pressão dinâmica;
- *Arcos-Presión Estática* = representa a pressão estática;
- *Arcos – Velocidad* = representa a velocidade;
- *Arcos – Caudal Línea* = representa o caudal;
- *Nodos – Présion* = representa a pressão dinâmica nos nós;
- *Cobertura de Presión – P_{Min}* = representa as pressões objetivo disponíveis para cada parcela;
- *Cobertura de Presión – P_{Din}* = representa as pressões dinâmicas disponíveis em cada parcela;
- *Modo EPANET* = representa o défice de pressão ($P_{Objetivo} - P_{dinâmica}$) para cada nó e a velocidade da água nas condutas para determinada simulação.

Modelación (Modelação)

Através deste botão, é possível aceder a uma *listbox* que disponibiliza funções de importação e exportação para o DIOPRAM, exportação para EPANET e Gestar.



Figura A1.51 – Botão Modelação

Estas funcionalidades estão também disponíveis através do botão Painel de Controlo.

Ferramentas de Edição

As ferramentas de edição disponíveis na barra de ferramentas principal só podem ser utilizadas, quando o utilizador selecionar a ferramenta de edição que pretende utilizar (situadas numa *combobox*) e selecionar o botão *Editar*.

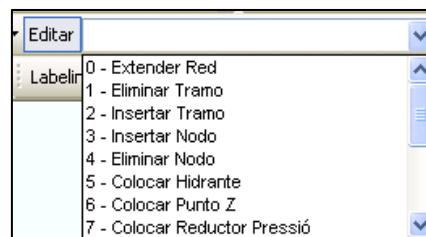


Figura A1.52 – Ferramentas de edição disponíveis na barra de ferramentas principal

As ferramentas de edição disponíveis na barra de ferramentas principal são as seguintes:

Tabela A1.16 – Ferramentas edição – Barra de ferramentas principal

Ferramentas de edição	
0 – <i>Extender Red</i>	8 – Colocar <i>Estación Bombeo</i>
1 – Eliminar <i>Tramo</i>	Q – Colocar <i>Perdida Carga</i>
2- <i>Insertar Tramo</i>	T – Colocar <i>Tomas</i>
3- <i>Insertar Nodo</i>	R – Colocar <i>Nodo Red Ficticia</i>
4 – Eliminar <i>Nodo</i>	M – <i>Mallar Red</i>
5 – Colocar <i>Hidrante</i>	A – <i>Obra – Coloca Arqueta</i>
6 – Colocar <i>Punto Z</i>	E – <i>Obra – Elimina Arqueta</i>
7 – Colocar <i>Reductor Pressió</i>	I – <i>Importar Parcelas de Firmas</i>

A barra de ferramentas de edição apresenta mais funcionalidades, comparativamente com as ferramentas de edição aqui descritas, e a sua utilização para desenhar a rede é mais prática e intuitiva.

A descrição das ferramentas mais utilizadas está presente no tema Barra de ferramentas de edição.

Consolidar Material

Esta ferramenta tem como objetivo atribuir o material para as condutas, com base no tipo de material existente na Tabela de Tubagens.

São disponibilizadas duas ações: *Consolidar material* e *Liberar material*.

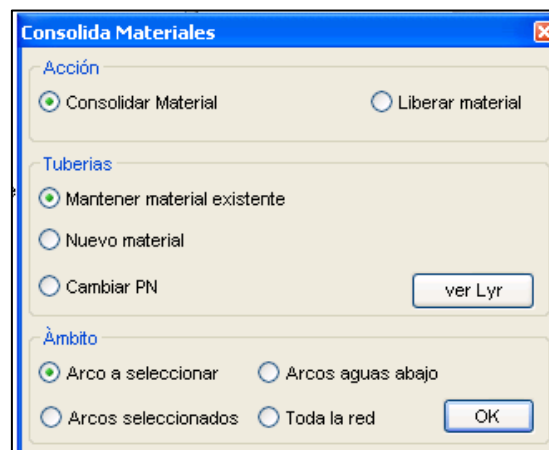


Figura A1.53 – Ferramenta Consolidar material

A ação *Consolidar material* tem como objetivo atribuir o material à rede, permitindo manter o material existente (*Mantener material existente*), atribuir um novo material (*Nuevo material*) ou alterar a pressão nominal (*Cambiar PN*). Esta alteração pode ser feita para um arco (*Arco a seleccionar*), para vários arcos (*Arcos seleccionados*), para os arcos situados a jusante do arco clicado (*Arcos aguas abajo*) ou para toda a rede (*Toda la red*).

Quando a ação *Consolidar material* é executada, o campo *SYSARCOFIJO* é preenchido com o valor 'SI'. Assim, quando a rede é dimensionada, o DIOPRAM não tem a liberdade para otimizar as tubagens, mantendo as tubagens definidas *à priori*.

Por sua vez, a ação *Liberar material* apresenta a função contrária, ou seja, quando executada, altera o campo *SYSARCOFIJO* para 'NO' permitindo ao DIOPRAM atribuir os materiais às

tubagens, de forma otimizada, mesmo que o campo referente ao tipo de material esteja preenchido.

Para verificar se o campo *SYSARCOFIJO* está preenchido com o valor ‘SI’ ou ‘NO’, carrega-se no botão *ver Lyr*.

Agrupar Parcelas

Através desta ferramenta, é possível definir as parcelas que são regadas em conjunto pela mesma boca de rega, que constituem uma *Explotación*, e definir as parcelas que são servidas pelo mesmo hidrante, que constituem uma *Agrupación*.

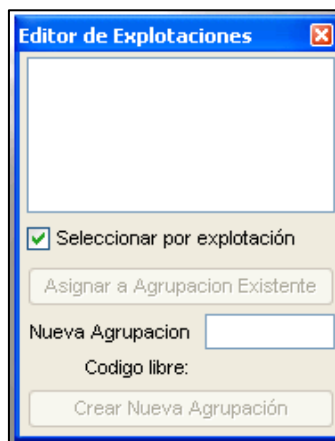


Figura A1.54 – Ferramenta Agrupar Parcelas

A ferramenta funciona da seguinte forma:

- Clicar nas parcelas que constituirão a *Explotación*. O campo *ID_PAR* de cada parcela clicada aparece listado na janela da Figura A1.54;
- Depois das parcelas selecionadas, existem duas opções: Associar as parcelas a uma *Agrupación* existente (*Asignar a Agrupacion Existente*) se pretender que as parcelas selecionadas sejam uma *Explotación* de uma *Agrupación* existente. A outra opção é criar uma nova *Agrupación* (*CrearNuevaAgrupación*), se pretender que as parcelas sejam uma *Explotación* de uma nova *Agrupación*;
- Se o utilizador escolher a opção *Asignar a Agrupacion Existente*, tem de clicar sobre uma parcela que pertença à *Agrupación* de destino. Se escolher a opção *Crear Nueva Agrupación* tem de definir previamente o código da nova *Agrupación*. Este código tem de ser único, composto por sete dígitos.

Para utilizar esta ferramenta, é necessário criar *à priori* a capa *Agrupaciones Y Explotaciones*.

Información NODOS (Informação Nós)

Através desta ferramenta, é possível visualizar a informação alfanumérica associada a um nó do tipo TOM (boca de rega), EB (estação de bombagem) e VRP (Válvula Redutora de Pressão), permitindo também visualizar o perfil longitudinal a montante do nó selecionado.

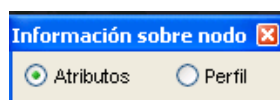


Figura A1.55 – Ferramenta Informação Nós

A ferramenta *Información (Nodos)* disponibiliza duas funcionalidades, Atributos e Perfil.

Atributos

Depois de ativada a ferramenta Informação Nós, e a funcionalidade Atributos, seleciona-se o nó que se pretende consultar a informação e visualiza-se a seguinte *interface*:

- Nó do tipo ‘NOD’

Para um nó do tipo ‘NOD’, a ferramenta retorna informação sobre o identificador do nó, o caudal associado, a pressão dinâmica e estática, bem como a pressão objetivo, definida pelo utilizador.

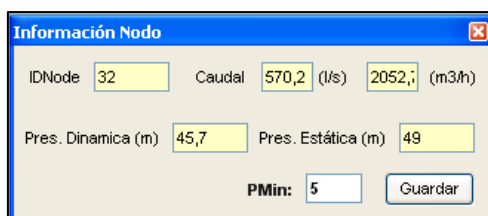


Figura A1.56 – Informação Nós – ‘NOD’

- Nó do tipo ‘HID’

Para um nó do tipo ‘HID’, é possível visualizar a informação sobre o identificador do nó, a designação da *Agrupación* servida pelo identificador do nó, o número de *explotaciones* associadas à *Agrupación*. Na mesma janela, é ainda possível visualizar informação sobre a *Explotación* servida pelo hidrante selecionado, como o identificador da boca de rega, o nome da *explotación*, a área regável, o caudal, o diâmetro nominal e o caudal mínimo e máximo da boca de rega.

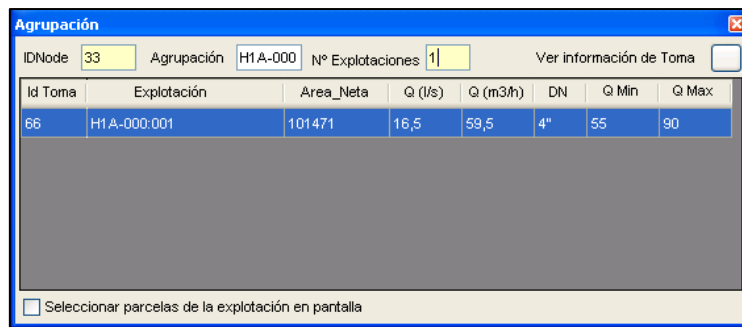


Figura A1.57 – Informação Nós – ‘HID’

- Nó do tipo ‘TOM’

A interface da ferramenta para consultar a informação dos nós do tipo ‘TOM’ encontra-se dividida em quatro temas, sendo eles, *Datos Explotación*, *Superfície y caudal*, *Presiones* e *Crear capa presiones disponibles*.



Figura A1.58 – Informação Nós – ‘TOM’

A label *Datos Explotación* fornece informação sobre o identificador da boca de rega, a *Explotación* que a mesma serve, bem como o padrão de rega associado.

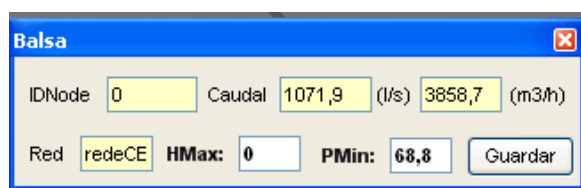
A label *Superfície y caudal* transmite informação sobre a área regável da parcela, o caudal fornecido pela boca de rega resultante do dimensionamento da rede, o diâmetro nominal da boca de rega, o caudal mínimo e máximo da boca de rega, e a perda de carga singular no hidrante que serve a boca de rega, presente no campo *dP*.

Na *label Pressiones* está descrita informação sobre a $P_{MinAuto}$ ¹¹, que é calculada através da perda de carga linear por comprimento da tubagem ($J*L$), o desnível altimétrico entre a boca e o ponto crítico (dZ) e as constantes do padrão de rega (H). É também possível determinar o ponto crítico da *Explotación (Buscar Punto Crítico)*, visualizar a pressão dinâmica e estática da boca de rega e também visualizar e alterar a sua pressão objetivo.

Esta ferramenta permite ainda calcular o mapa de pressões disponíveis, considerando a pressão dinâmica ou a pressão objetivo para a *Explotación* em causa.

- Nó do tipo ‘RES’

Para o nó do tipo ‘RES’ a ferramenta retorna informação sobre o identificador do nó, o caudal, a altura máxima da água no reservatório (H_{Max})¹², a pressão objetivo (P_{Min}) definida pelo utilizador bem como o nome da rede (*Red*) a que o reservatório pertence.



IDNode	0	Caudal	1071,9 (l/s)	3858,7 (m3/h)		
Red	redeCE	HMax:	0	PMin:	68,8	Guardar

Figura A1.59 – Informação Nós – RES

Perfil

A ferramenta Informação Nós, para além de permitir consultar informação alfanumérica associada a cada nó, através da funcionalidade Atributos, permite também gerar perfis longitudinais entre dois pontos, através da funcionalidade Perfil.

Para isso, é necessário que o utilizador clique no nó em que pretende traçar o perfil longitudinal, e no nó situado a montante do nó clicado. Se os dois nós forem coincidentes, o SIGOPRAM traça o perfil completo a montante, desde o reservatório.

Depois dos nós selecionados, o SIGOPRAM gera um gráfico do perfil longitudinal. A informação a visualizar no gráfico pode ser escolhida pelo utilizador, ao carregar no botão

¹¹ $P_{MinAuto}$ corresponde à pressão necessária na boca de rega para regar com pressão adequada o ponto mais desfavorável da parcela (Punto_Z).

¹² Em futuras versões da aplicação terá impactos no cálculo da pressão estática

Control Series. Surge uma nova janela com dois temas: *Series Visibles* onde o utilizador pode escolher a informação que quer visualizar no seu gráfico, e *Etiquetas* onde é possível visualizar a informação alfanumérica associada à informação presente em *Series Visibles*.

Na Figura A1.60 está presente um exemplo de um perfil longitudinal. A informação seleccionada para surgir no gráfico é a seguinte:

- Terreno = cota do terreno (Z) obtida a partir do MDT de dois em dois metros;
- *Nodos Tuberias* = cota do nó presente no campo Z da tabela *Nodos*;
- *Presión Dinâmica* = obtida pelo campo *NOD_PDinamica* do tema *Nodos*;
- *Presión Estática* = obtida pelo campo *NOD_PEstatica* da capa *Nodos*.

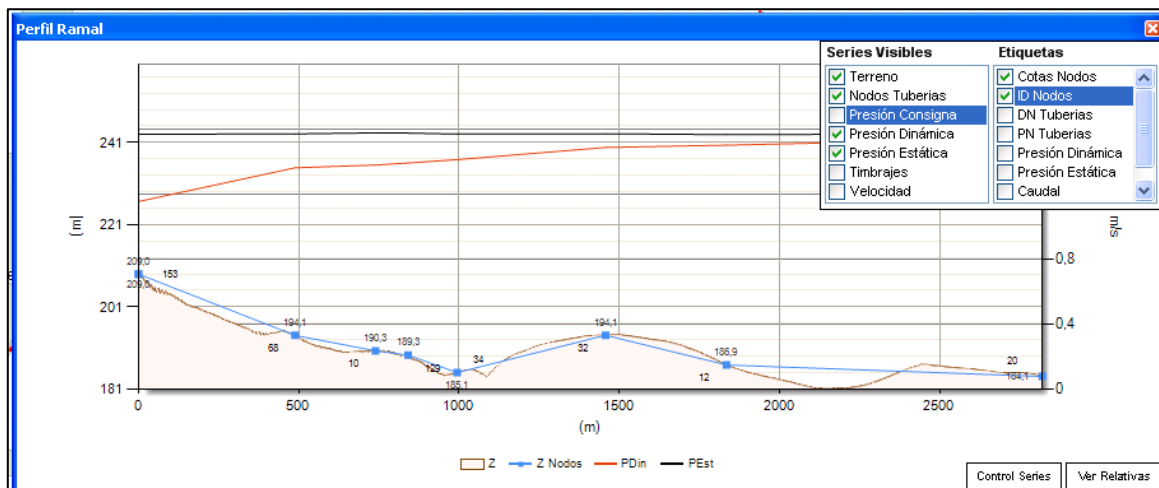


Figura A1.60 – Exemplo de um perfil longitudinal

A informação alfanumérica seleccionada diz respeito à cota do nó (*Cotas Nodos*), e ao identificador do nó (*IDNodos*).

No eixo das abcissas está representada a distância em metros, a montante do nó clicado que compõe o perfil longitudinal. No eixo das ordenadas está representada a informação definida em *Series Visibles*.

Nesta ferramenta o utilizador pode escolher se quer visualizar a informação que seleccionou ao nível do mar (Botão *Ver Absolutas*), ou se pretende ver a informação ao nível do solo (Botão *Ver Relativas*).

Outra das funcionalidades, diz respeito à inserção de nós do tipo ‘NOD’ na rede, através do perfil longitudinal. Para isso, basta que o utilizador clique duas vezes no local da conduta onde pretende inserir um novo nó.

Estadísticas (Estatísticas)

Com esta ferramenta, é possível calcular dados estatísticos provenientes do DIOPRAM a jusante do arco/nó clicado pelo utilizador.

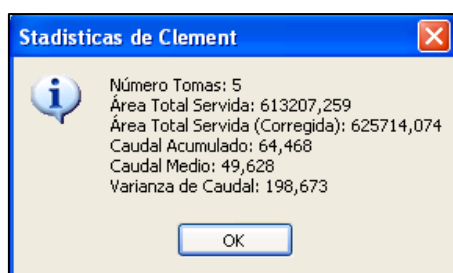


Figura A1.61 – Ferramenta Estadísticas

Os dados obtidos são os seguintes:

- Número de bocas a jusante do arco/nó clicado;
- Superfície acumulada real a jusante do arco/nó clicado em m²;
- Superfície acumulada corrigida a jusante do arco/nó clicado em m² em função dos diferentes padrões de rega existentes. Esta superfície é a que consta no DIOPRAM;
- Caudal acumulado em l/s;
- Caudal médio em l/s;
- Variância de caudal.

Panel Control (Painel de controlo)

Através do botão Painel de Controlo, é possível aceder à seguinte janela:

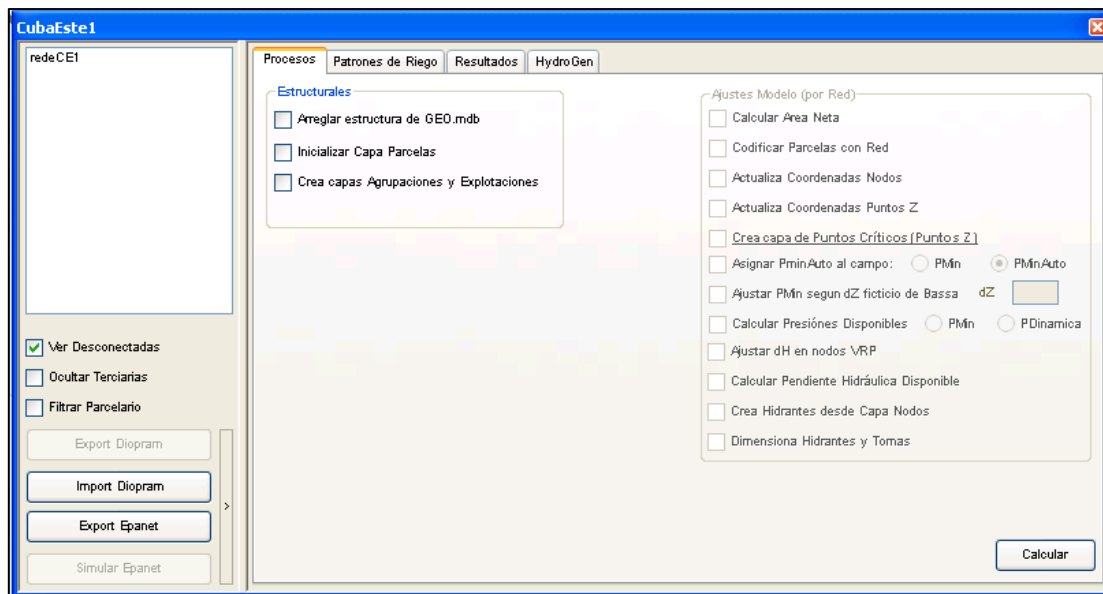


Figura A1.62 – Janela Painel de Controllo

Nesta *interface*, o utilizador tem acesso a várias funcionalidades do SIGOPRAM, entre as quais:

- Exportar para o DIOPRAM;
- Importar para o DIOPRAM;
- Exportar para o EPANET;
- Simular com o EPANET;
- Executar processos massivos;
- Definir padrões de rega;
- Visualizar os resultados económicos baseados no dimensionamento da rede de rega.

Outra das funcionalidades diz respeito ao modelo *HydroGen*, que permite obter hidrogramas de procura de água para o período de ponta, mas não está a ser explorada neste estágio.

Exportar para o DIOPRAM

Para dimensionar uma rede, é necessário, em primeiro lugar, exportar os dados necessários para o DIOPRAM, através do botão *Exportar DIOPRAM*. Quando o utilizador clicar neste botão, a aplicação SIGOPRAM preenche os dados de entrada na BD DIO.mdb, que é aberta automaticamente no *software* DIOPRAM, como se pode visualizar na Figura A1.63.

Aplicação de um modelo de dimensionamento e simulação de redes de rega sob pressão em ArcMap

DIOPRAM 3.0 - Diseño OPTimo de redes RAMificadas																		
Sin Título (Dio.mdb)																		
Id Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Z (m)	PMin (mca)	Ql (l/seg)	L (m)	DN	D (mm)	Nº Hidr.	QAc (l/seg)	Qm (l/seg)	Vc (l/seg)*2	Area (m²)	r (mm)	Leq (m)	Coste (Pta.)	Material	Observaciones
1	7	8	179,49	5,0		80,17				0,0	0,0	0,0	0,0					
2	23	22	177,48	5,0		238,73				0,0	0,0	0,0	0,0					
3	31	30	185,11	5,0						0,0	0,0	0,0	0,0					

Figura A1.63 – Dados de entrada para o dimensionamento

Os dados de entrada preenchidos na BD DIO.mdb são os seguintes:

- *Id Línea* = identificador alfanumérico que representa o arco;
- *Nudo Inicial* = identificador alfanumérico do nó inicial do arco;
- *Nudo Final* = identificador alfanumérico do nó final ou nó situado a jusante do arco;
- *Z (m)* = cota do nó situado a jusante do arco;
- *P_{Min}* (m.c.a) = pressão mínima exigida ao nó situado a jusante do arco definida no campo *P_{MIN}* da *feature class Nodos*;
- *L (m)* = comprimento do arco;
- *r (mm)* = rugosidade;
- *Q_{Ac}* (l/s) = caudal acumulado do nó final definido no campo *Q* da *feature class Nodos*;
- *Q_m* (l/s) = caudal médio do nó final;
- *Area (m²)* = área servida pelo nó final.

Importar para o DIOPRAM

Quando uma rede é dimensionada no DIOPRAM, o *software* preenche na BD DIO.mdb a seguinte informação:

Resultados																	
Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Ql (l/seg)	D teor. (mm)	DN	D (mm)	P Est. (mca)	V (m/seg)	P (mca)	H (mca)	J (m/m)	Coste (Pta.)	Hf (mca)	hm (mca)	Material	Observaciones	
1	7	8	112,567	241,63	315	230,8	63,56	1,89	44,82	224,31	0,01	6.452,55	0,6	0,0	315_(PEAD-6)	Tubería DISEÑADA	
2	23	22	62,767	219,38	250	230,8	65,56	1,5	54,74	232,23	0,01	15.418,74	1,89	0,0	250_(PEAD-6)	Tubería DISEÑADA	
3	31	30	73,215	47,91	260	230,8	47,94	1,75	44,71	239,82	0,01	1,88	0,0	0,0	250_(PEAD-6)	Tubería DISEÑADA	
4	33	32	14,863	26,06	110	101,6	48,82	1,83	45,73	239,86	0,03	1,66	0,0	0,0	110_(PEAD-6)	Tubería DISEÑADA	
5	52	55	12,803	36,32	110	101,6	75,96	1,55	52,76	219,84	0,02	4,87	0,0	0,0	110_(PEAD-6)	Tubería DISEÑADA	
6	65	68	38,759	258,41	315	290,8	48,97	0,58	41,78	235,85	0,0	4,45	0,0	0,0	315_(PEAD-6)	Tubería DISEÑADA	
7	80	83	11,437	29,36	110	101,6	75,74	1,41	56,04	222,35	0,02	1,79	0,0	0,0	110_(PEAD-6)	Tubería DISEÑADA	

Figura A1.64 – Dados resultantes do dimensionamento

- *Ql* (l/s) = caudal do arco;
- *D_{Teor}* (mm) = diâmetro teórico;
- *DN* (mm) = diâmetro nominal;
- *D* (mm) = diâmetro interior;
- *P. Est.* (m.c.a) = pressão estática no nó final do arco;
- *V* (m/s) = velocidade de circulação;

- P (m/s) = pressão manométrica do nó final do arco;
- H (m.c.a) = altura piezométrica no nó final do arco;
- j (m/m) = pendente hidráulica na conduta;
- $Coste$ (Preço/m) = custo;
- hf (m.c.a) = perdas de carga por fricção na conduta;
- *Material* – identificação do material atribuído;
- Observaciones – *label* para anotar possíveis observações sobre a conduta.

Depois do dimensionamento efetuado, a informação gerada pelo mesmo é passada para o SIGOPRAM, através desta funcionalidade.

Exportar para o EPANET

O SIGOPRAM oferece também a possibilidade de exportar a rede de rega para o EPANET, selecionando a rede que se pretende exportar.

Esta funcionalidade é principalmente útil, para os utilizadores que possuem experiência na utilização do *software* EPANET, permitindo explorar todas as funcionalidades que o mesmo disponibiliza, utilizando a rede já desenhada pelo SIGOPRAM.

Simular com o EPANET

Para além de permitir a exportação da rede para o EPANET, o SIGOPRAM permite também efetuar simulações à rede na própria aplicação, utilizando o EPANET. Nesta situação o utilizador não interage diretamente com o EPANET, uma vez que é a própria aplicação que estabelece a comunicação com o *software* responsável pela simulação. Para executar o modelo de simulação, o utilizador necessita de selecionar a rede que quer simular e carregar no botão *Simular EPANET* presente na janela Painel de Controlo, aparecendo a seguinte interface:

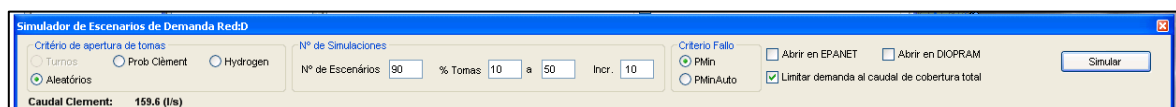


Figura A1.65 – Simulador de cenários

Através do simulador de cenários (Figura A1.65), o utilizador pode escolher qual o critério de abertura de bocas que pretende utilizar, o número de simulações que pretende realizar, a % de bocas abertas, bem como o critério de falha a considerar.

Critério de abertura de bocas de rega:

Através deste parâmetro, é possível indicar ao EPANET que bocas é que o mesmo considera como abertas e fechadas, na simulação.

Os dois critérios de abertura de bocas de rega disponibilizados pelo SIGOPRAM, dizem respeito ao critério aleatório e probabilidade de Clément (Fortes, 2012).

○ Aleatório

Utilizando o critério de abertura aleatório, são escolhidas N bocas aleatoriamente de acordo com a % de bocas abertas definida e são feitas várias combinações, de acordo com o número de simulações definidas.

Para definir o estado aberto ou fechado de uma boca de rega, este critério segue a seguinte metodologia:

- Compara o valor da % de bocas abertas, definida com um número aleatório;
- Se o número aleatório for inferior ou igual ao valor da % de bocas abertas definida, a boca é considerada aberta, caso contrário, é considerada fechada;
- A escolha do número aleatório pára, quando for atingida a % de bocas abertas definida.

○ Probabilidade de Clément

Este critério de abertura de bocas de rega determina a probabilidade de uma boca estar aberta ou fechada, através da relação entre a capacidade da boca de rega e as necessidades de rega.

A capacidade da boca corresponde ao seu caudal nominal, o caudal máximo que a boca consegue debitar durante um período de tempo, e as necessidades de rega correspondem ao CFC.

Se uma boca de rega apresentar, por exemplo, um caudal nominal 3 vezes superior ao CFC, significa que a boca de rega tem 30% de probabilidades de estar aberta, sendo que, quanto maior for o caudal nominal em relação ao CFC, menores são as probabilidades de a boca estar aberta.

De forma a atribuir um maior ênfase às bocas de rega consideradas abertas, o autor da aplicação opta por atribuir uma bonificação à probabilidade de abertura, correspondendo à % de abertura que o utilizador define, no simulador de cenários.

Esta probabilidade de abertura é comparada com um número aleatório escolhido. Se o número aleatório for inferior ou igual à probabilidade de abertura calculada, a boca é considerada aberta, caso contrário, é considerada fechada.

Quando se utiliza este critério de abertura, os valores que se colocam nas caixas de texto referentes à % de bocas abertas, não representam a % de bocas abertas, mas sim a % de bonificação a aplicar à probabilidade de abertura de cada boca de rega.

Desta forma, o critério probabilidade de Clément permite manter a variabilidade espacial das bocas consideradas abertas, garantindo que a abertura das mesmas é distribuída por toda a rede, uma vez que, apesar de incorporar a componente aleatória na escolha das bocas a considerar como abertas, tem em conta também a relação entre o caudal nominal e o CFC. Utilizando o critério aleatório, não se garante a variabilidade espacial, uma vez que o método baseia-se apenas na componente aleatória para a escolha das bocas abertas.

Nº de simulações:

Através do simulador de cenários, é possível definir o número de simulações que o utilizador pretende realizar para a percentagem de bocas abertas/bonificação definida.

O incremento a utilizar corresponde ao passo da % de bocas abertas, ou seja, definindo 10 a 30% de bocas abertas, especificando um incremento de 10, significa que são feitas x simulações para 10%, 20% e 30% de bocas abertas. Quando é escolhido o critério de abertura probabilidade de Clément, a % de bocas abertas definida pelo utilizador representa a bonificação a atribuir à probabilidade de abertura das mesmas.

Critério de falha:

De forma a verificar as bocas que não apresentam a pressão suficiente, o SIGOPRAM calcula o défice de pressão, ou seja, a diferença entre a pressão objetivo ou $P_{MinAuto}$ e a pressão dinâmica. Sempre que a pressão dinâmica é inferior à pressão objetivo ou à $P_{MinAuto}$, significa que a boca apresenta défices de pressão.

O simulador de cenários, através da *label Criterio Fallo*, permite ao utilizador escolher entre a pressão objetivo ou a $P_{MinAuto}$ para identificar as bocas com défices de pressão.

Aplicação de um modelo de dimensionamento e simulação de redes de rega sob pressão em ArcMap

Para além destas funcionalidades, o simulador de cenários permite ao utilizador limitar o caudal da boca de rega à capacidade do sistema de rega do agricultor, através do valor definido no campo *Pluviometría Sistema de Riego* da tabela *Padrones de Riego*.

Oferece ainda a possibilidade de abrir a rede no DIOPRAM e EPANET.

É também através do simulador de cenários, que é possível visualizar o caudal de dimensionamento efetuado pelo DIOPRAM, através do *label Caudal Clement*.

Depois do utilizador especificar estas variáveis de entrada no simulador de cenários, e clicar no botão *simular*, é necessário dar um duplo *click* na barra azul do simulador de cenários, para que seja possível visualizar o resultado da simulação, aparecendo a seguinte *interface*:

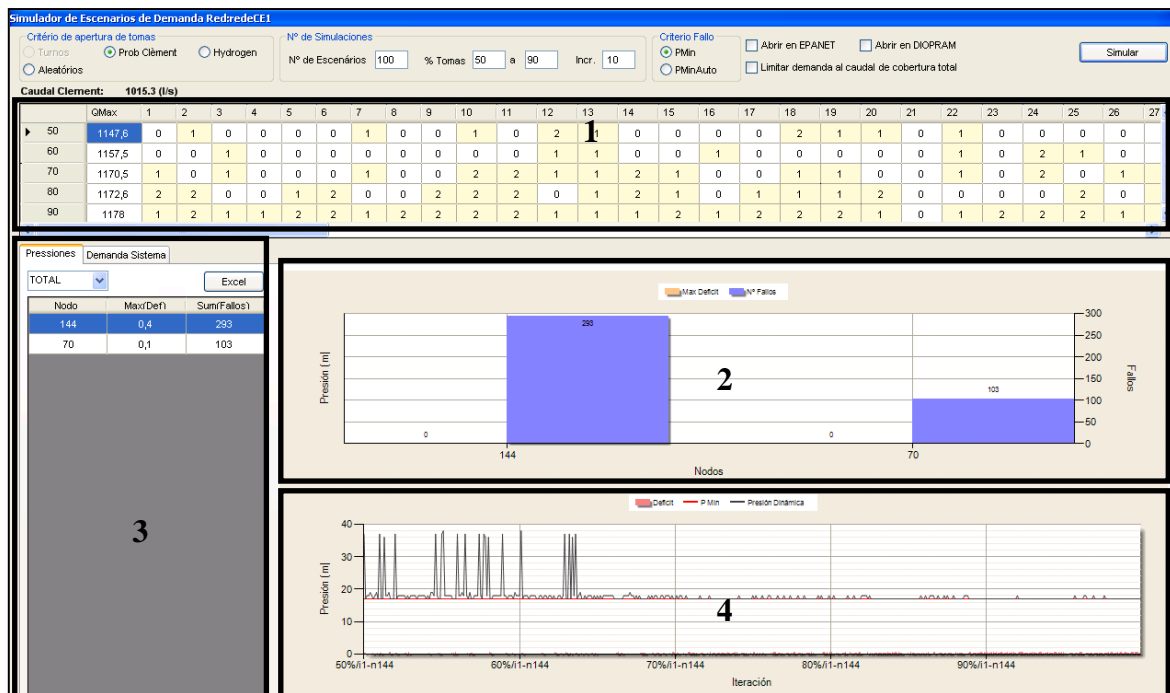


Figura A1.66 – Simulador de cenários – Resultados

A tabela presente na Figura A1.66 delimitada com o número 1, apresenta nas colunas cada simulação definida para determinada percentagem de bocas abertas, e nas linhas, a percentagem de bocas abertas/bonificação, definida pelo utilizador. As células da tabela representam o número de bocas de rega que apresentam défices de pressão, em que a pressão dinâmica é inferior à pressão objetivo. Por exemplo, é possível visualizar que, para 60% de bocas abertas/bonificação, na simulação 3 existe uma boca de rega que apresenta défice de pressão.

Na mesma tabela, é possível visualizar um campo designado por Q_{MAX} que corresponde ao caudal médio de todas as simulações, para cada percentagem de bocas abertas/bonificação.

O SIGOPRAM efetua a contagem do número de vezes que determinada boca falha, em todas as simulações, para todas as percentagens de bocas abertas/bonificação definidas, e verifica qual foi o maior valor de défice que a boca apresenta, mostrando essa informação num gráfico de barras, presente na região assinalada com o número 2.

O SIGOPRAM permite também visualizar, na área assinalada com o número 3, para cada % de bocas abertas/bonificação definidas, o défice máximo e o número de vezes que cada boca falha.

Se o utilizador clicar em cima do registo da boca de rega, que apresenta défice de pressão, o SIGOPRAM gera um gráfico para a boca de rega clicada, relacionando a pressão objetivo e a pressão dinâmica ao longo de todas as simulações definidas, estando presente na região assinalada com o número 4.

O utilizador, ao clicar na boca de rega com défice de pressão presente na região 3 da imagem, para além do SIGOPRAM gerar o gráfico referido acima, mostra na tabela, as simulações onde a boca de rega apresentou défices de pressão, marcando as células, a laranja.

Outra das funcionalidades do simulador de cenários, consiste em exportar os dados de cada simulação efetuada para um ficheiro do formato *xls*, através do clique no botão *Excel* que está presente na área 3 da Figura A1.66. O ficheiro apresenta os seguintes campos:

- *PERCENT* = cenário definido pelo utilizador;
- *ITER* = número da simulação;
- *IDARC* = identificador do arco;
- *IDNODE* = identificador do nó a jusante do arco;
- *TIPUS* = tipo de nó: 'TOM', 'HID' ou 'NOD';
- *PMIN* = pressão definida para cada nó;
- *PRES* = pressão dinâmica resultado da simulação efetuada pelo EPANET;
- *DEM* = caudal do nó;
- *FLOW* = caudal no arco;
- *VEL* = velocidade no arco;

- DEF = défice de Pressão (diferença entre os campos $PMIN$ e $PRES$);
- $FALLO$ = assume o valor 1 ou 0 se o campo H é ou não défice de pressão;
- H = incremento da altura manométrica na origem da rede que seria necessária para evitar o défice no nó.

Procesos (Processos)

O primeiro separador da janela Painel de Controlo denominado Processos encontra-se dividido em duas *labels*, Processos *Estructurales* (Estruturais) e *Ajustes Modelo (por Red)* (Processos de Modelação).

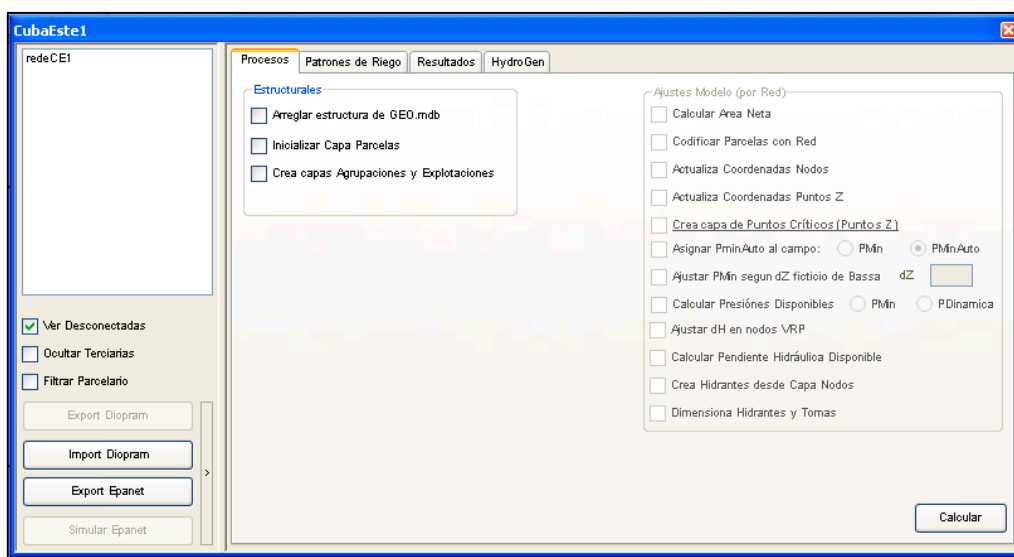


Figura A1.67 – Processos Estruturais / de Modelação

Os processos estruturais têm como objetivo ajudar a manter a coerência entre os dados da BD GEO.mdb e os temas da simulação, para que a aplicação funcione corretamente, não influenciando os modelos de dimensionamento e simulação da rede. Por sua vez, os processos de modelação permitem a execução de um conjunto de processos necessários para se poder realizar o dimensionamento e simulação da rede.

Os processos estruturais e de modelação encontram-se descritos no Anexo 3.

Patrones de Riego (Padrões de Rega)

Através da janela Padrões de Rega presente no segundo separador da janela Painel de Controlo, é possível identificar, para as várias culturas que possam existir na área de estudo, as necessidades hídricas de cada uma, bem como os horários de rega e o caudal necessário para satisfazer essas mesmas necessidades.

Aplicação de um modelo de dimensionamento e simulação de redes de rega sob pressão em ArcMap

Na janela Padrões de Rega encontram-se duas tabelas: *Dotaciones* e *Patrones de Reg*.

The screenshot shows the 'Padrões de Rega' window with two tables. The top table, 'Dotaciones', displays monthly water requirements for various sectors. The bottom table, 'Patrones de Reg', shows parameters for a specific irrigation pattern (DHGR).

ID	Dotación	ENE	FEV	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	Sector 1,2,3 (MD)	1,78	25,17	101,43	198,82	578,06	1150,04	1800	1490,33	941,88	175,47	22,84	2,4
7	Sector 12, 13 (MD)	0,58	68,17	198,32	391,08	791,38	1130,28	1800	1457,1	511,98	146,5	3,99	0,63
8	Sector 13 (ME)	0	133,85	253,47	600	245,88	88,01	94,13	71,68	0	8,61	0	8,4
2	Sector 3 (ME)	0	9,98	143,19	308,34	600	243,53	98,83	8,74	34,16	53,24	0	0
3	Sector 4,5,8 (MD)	5,01	43,11	87,81	225,57	574,04	1108,89	1800	1508,89	809,98	289,58	67,34	0
4	sector 5,6 (ME)	0	31,23	170,33	390,88	600	186,98	74,77	25,37	14,14	5,94	0,34	0

ID REG	ID DOTACION	Mes	CFC (l/s/ha)	Horas Riego/Dia	Dias de Riego	Area de Corte (m²)	Dot. Parcelas (M³/ha)	Caudal Parcelas (M³/ha)	Pres. Emisor (m)	Altura Emisor (m)	dH Filtro CP (m)	dH Reserva (m)	dH Válvula HV (m)	dH Filtro (m)	Error topografico (m)
DHGR	9	MAY	0,463	21	7	35000	1,2	4,2	25	3	2,5	2	3,5	0	1

Figura A1.68 – Padrões de Rega

Na tabela *Dotaciones* estão presentes as necessidades de rega mensais (m^3/ha) para cada uma das zonas identificadas. A tabela apresenta os seguintes campos:

- *ID* = valor numérico que identifica uma zona de rega;
- *Dotación* = designação da zona de rega;
- *Campos mensais* (m^3/ha) = necessidades de rega mensais para cada zona de rega identificada e mês do ano.

A tabela *Patrones de Reg* armazena informação sobre as necessidades de rega, horário de rega, caudal nominal de cada boca de rega, a pluviometria do sistema de rega e as perdas de carga que se fazem sentir no sistema de rega. A tabela apresenta os seguintes campos:

- *ID_REG* = identificador do padrão de rega. Este identificador consta no campo *ID_REG* da *feature class* Parcelas para os registos que apresentam o padrão de rega;
- *ID_DOTACION* = identificador da zona de rega que corresponde ao campo *ID* da tabela *Dotaciones*;
- *Mês* = mês para o qual se pretende simular;
- *CFC* ($l/s/ha$) = caudal fictício contínuo para o padrão de rega. A aplicação SIGOPRAM calcula automaticamente este valor tendo em conta a zona de rega e as necessidades de rega mensais para o mês escolhido, considerando 30 dias/mês. Este valor pode ser alterado pelo utilizador;

- *Horas Riego/dia* = duração do horário de rega;
- *Días de Riego* = número de dias de rega por semana;
- *Area de corte* (m²) = indica a superfície mínima da *explotación* a partir da qual irá beneficiar do caudal em l/s/ha presente campo *Dot. Parcelas Mayores*;
- *Dotación Parcelas Mayores* (l/s/ha) = caudal das *explotaciones* com uma superfície superior à área de corte;
- *Caudal parcelas menores* (l/s) = caudal das *explotaciones* com uma superfície inferior ou igual à área de corte;
- *Presión emissor* (m.c.a) = pressão de funcionamento dos emissores do sistema de rega;
- *Altura emissor* (m) = altura ao solo dos emissores do sistema de rega;
- *dH Filtro CP* (m.c.a) = perda de carga estimada no filtro do hidrante;
- *dH Reserva* (m.c.a) = perda de carga a considerar por motivos de segurança;
- *dH VHV* (m.c.a) = perda de carga provocada pela válvula hidráulica volumétrica;
- *dh Filtro* (m.c.a) = perda de carga do sistema de filtração da instalação de rega;
- *Err topográfico* (m) = altura estimada do erro altimétrico da cartografia;
- *J interna* (m/m) = perda de carga linear do sistema de rega. Utiliza-se este parâmetro para estimar a energia necessária para regar o ponto mais desfavorável da parcela;
- *Pluviometría do sistema de rega* (l/s/ha) = caudal que o sistema de rega do agricultor pode debitar;
- *Superfície Explotación Mínima y Máxima* (*SMin*, *SMax*) (m²) = os valores dos campos anteriores são aplicados para *explotaciones* com áreas compreendidas entre *SMin* e *SMax*.

Os campos da tabela *Patrones de Reg* podem ser editados diretamente na aplicação SIGOPRAM, mas a informação presente na tabela *Dotaciones* apenas pode ser editada na BD GEO.mdb.

Resultados

Através da janela Resultados, é possível visualizar o custo associado a cada dimensionamento efetuado pelo DIOPRAM.

Aplicação de um modelo de dimensionamento e simulação de redes de rega sob pressão em ArcMap

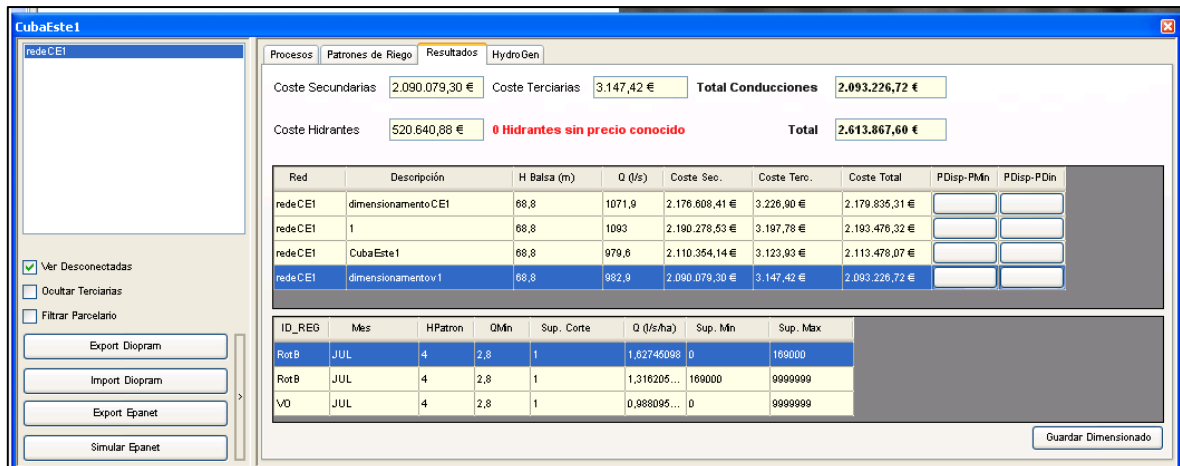


Figura A1.69 – Resultados

Nesta janela, é possível visualizar a informação referente ao custo da rede secundária e terciária, o custo dos hidrantes e o custo total de toda a rede.

Sempre que é executado o modelo de dimensionamento para uma rede, é possível guardar a informação associada ao seu custo através do botão *Guardar Dimensionamento*.

A informação sobre o custo da rede secundária e terciária é adquirida através dos resultados do dimensionamento da rede, e o custo dos hidrantes é calculado através do processo *Dimensiona Hidrantes Y Tomas*. É também possível visualizar a informação presente no padrão de rega, que é utilizada para o dimensionamento de cada rede.

Anexo 2 – Barra de ferramentas de edição

A barra de ferramentas de edição (Figura A2.70) apresenta um conjunto de funcionalidades que permitem desenhar e editar uma rede.

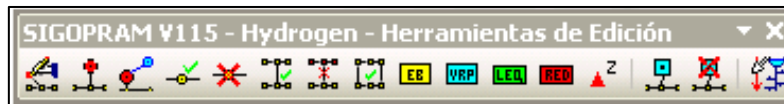


Figura A2.70 – Barra de ferramentas de edição – SIGOPRAM

Algumas das ferramentas de edição disponíveis nesta barra de ferramentas são as seguintes:

- *Extender Red*: permite adicionar arcos a uma rede existente, ou começar a desenhar uma nova rede. Para adicionar arcos a uma rede já existente, o utilizador tem de inicializar a digitalização do arco num arco ou nó da rede já existente. Se o utilizador utilizar a ferramenta para desenhar uma nova rede, o SIGOPRAM interpreta o primeiro nó da rede como um nó do tipo ‘RES’ (Reservatório). Para terminar a edição da rede, é necessário clicar em SHIFT + click botão esquerdo do rato;
- *Inserir Nodo Hidrante*: adiciona um nó à rede do tipo ‘HID’. Este nó não tem caudal associado e tem de ser colocado no interior de uma parcela. Para que o utilizador possa inserir um nó do tipo ‘HID’ numa parcela, é necessário executar o processo “Inicializar capa Parcelas” e preencher o campo *AGRUPACION*. Quando um nó deste tipo é adicionado a uma parcela, os campos *ABASTECIDA* e *ID_ARQUETA* do tema parcelas passam a ter os valores ‘SI’ e o identificador do nó, correspondente ao campo *IDNODE* da *feature class* *Nodos*. Todas as parcelas que tenham o campo *AGRUPACION* igual são servidas pelo mesmo hidrante, apresentando o campo *ID_ARQUETA* igual. Quando é adicionado um nó do tipo ‘HID’, o SIGOPRAM cria automaticamente na *feature class* *Arcos* uma ligação do nó à rede secundária do tipo ‘E’;
- *Colocar Nodo Toma*: o nó do tipo ‘TOM’ corresponde a uma boca de rega, onde se associam os consumos de água e as pressões objetivo. É a partir deste nó que o agricultor liga o seu sistema de rega, efetuando a passagem da rede secundária para a rede terciária. Para adicionar um nó do tipo ‘TOM’ é necessário que os campos *EXPLOTACION*, *NEXPLOT* e *AREA_NETA* estejam preenchidos. Ao adicionar um nó

deste tipo, todas as parcelas que apresentarem o campo *EXPLORACION* igual são regadas pela boca de rega adicionada. Quando um nó 'TOM' é adicionado, os campos *TOMA* e *ID_HID* do tema Parcelas passam a ter os valores 'SI' e o identificador do nó, correspondente ao campo *IDNode* da *feature class* *Nodos*. Ao adicionar um nó do tipo 'TOM' o SIGOPRAM cria automaticamente na *feature class* *Arcos* uma ligação do nó à rede secundária do tipo 'T';

- *Inserir Nodo*: com esta ferramenta é possível adicionar um nó do tipo 'NOD' a um arco já existente, dividindo o arco em dois. O nó criado será o nó final do arco a montante e o nó inicial do arco a jusante;
- *Eliminar Nodo*: esta ferramenta permite eliminar nós do tipo 'NOD'. Dependendo da ordem do nó, ou seja, do número de arcos que tocam nesse nó, o comportamento da ferramenta é o seguinte:
 - Nós de ordem 1: é um nó extremo. A aplicação elimina o nó e o arco a montante. Esta ferramenta pode também ser utilizada para eliminar a rede, desde as extremidades;
 - Nós de ordem 2: é um nó intermédio entre dois arcos. Ao eliminar este nó unem-se dois arcos que se tocam;
 - Nós de ordem > 2: é um nó de bifurcação, não sendo permitido eliminar nós de ordem igual ou superior a 3.
- *Inserir Arco*: esta ferramenta permite inserir um arco entre dois nós, sendo utilizado para unir sub-redes. O arco deve ser adicionado desde um nó de uma rede conectada a um reservatório (campo *CONNECT* = 'SI') para um nó desconectado (campo *CONNECT* = 'NO');
- *Eliminar Arco*: permite eliminar um arco sem eliminar os nós. A aplicação deteta os arcos e nós a jusante do arco eliminado e marca essa sub-rede como desconectada (campo *CONNECT* = 'NO'). Para voltar a conectar a rede deve-se utilizar a ferramenta *Inserir Arco*;
- *Inserir Nodos EB*: permite inserir nós que representam estações de bombagem. Se o utilizador pretender dimensionar ou simular a rede, a informação a associar a estes nós é diferente. Para dimensionar é necessário introduzir a altura manométrica (campo *dH* do tema *Nodos*). Se o utilizador pretender simular a rede ou exportá-la para o EPANET deve inserir informação sobre as diferentes bombas existentes na estação de

bombagem, as respetivas curvas $Q-H^{13}$ e o caudal máximo (Q_{Max}) a partir do qual arranca a seguinte bomba.

No caso de exportar a rede para o DIOPRAM, a altura manométrica aparece subtraída da cota dos nós a jusante do nó EB, isto porque o DIOPRAM não considera este tipo de elementos;

- *Inserir Nodos VRP*: através desta ferramenta é possível inserir nós representativos de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP);

Em determinadas zonas da rede em que exista uma pressão estática muito elevada, o utilizador pode recorrer ao uso das VRP de forma a reduzir a pressão nas tubagens, o que se traduz num mais baixo custo de investimento, uma vez que quanto mais baixa for a pressão nominal, menor será o seu custo. O problema na inserção deste tipo de nós (VRP) é que o DIOPRAM não permite a sua modelação. A solução adotada pelo SIGOPRAM consiste em calcular a diferença entre a cota da barragem (início da rede) e a pressão no ponto de instalação da VRP. No DIOPRAM esta diferença aparece somada às cotas e subtraída às pressões objetivo das bocas de rega a jusante da VRP. Assim reduz-se a pressão nominal das tubagens a jusante mas mantêm-se os diâmetros.

- *Colocar Punto Z*: o utilizador pode criar/mover o ponto crítico da parcela. Se a parcela já possui um ponto Z, este é realocado para o ponto clicado pelo utilizador.

¹³Corresponde à curva característica da bomba que mostra a relação entre o caudal e a altura manométrica.

Anexo 3 – Descrição dos processos estruturais e de modelação

Processos Estruturais	
Arreglar estrutura de GEO.mdb	Permite reestabelecer/atualizar a lógica da BD GEO.mdb. O processo de atualização das consultas da BD é executado automaticamente quando se abre uma simulação criada numa versão anterior à versão instalada
Inicializar Capa Parcelas	O processo preenche os seguintes campos com os seguintes valores: <ul style="list-style-type: none"> • <i>ID_PAR</i> = <i>OBJECTID</i> • <i>ABASTECIDA</i> = 'NO' • <i>TOMA</i>='NO' • <i>ID_HID</i> = '-1'
Crea capas Agrupaciones y Explotaciones	Cria/atualiza o tema <i>Agrupaciones Y Explotaciones</i> através de um <i>dissolve</i> do tema Parcelas pelos campos <i>AGRUPACION</i> y <i>EXPLORACION</i>
Processos de Modelação	
Calcular Área Neta	Utiliza a capa <i>Incultivables</i> para atualizar o valor do campo <i>AREA_NETA</i> do tema Parcelas. Realiza a interseção dos temas Parcelas e <i>Incultivables</i> e desconta à área bruta da cada parcela a superfície da parte intercetada
Codifica Parcelas con Red	Atualiza os campos <i>ABASTECIDA</i> , <i>TOMA</i> , e <i>ID_HID</i> de acordo com a rede existente para todas as parcelas
Atualiza coordenadas Nodos	Atualiza os campos <i>X</i> , <i>Y</i> e <i>Z</i> de todos os nós da rede selecionada exceto o nó do tipo 'RES'
Atualiza coordenadas Puntos_Z	Atualiza os campos <i>X</i> , <i>Y</i> , <i>Z</i> e <i>ID_PAR</i> de cada registo do tema <i>Puntos_Z</i>
Crea Capa de Puntos Críticos (Puntos_Z)	Cria em todas as parcelas, da rede selecionada, com boca de rega, um ponto num local crítico (<i>Punto_Z</i>) fora da zona <i>incultivable</i>
Asignar PMinAuto al campo PMin/PminAuto	Para todos os nós do tipo 'TOM' da rede selecionada preenche o campo <i>PMin</i> com o valor <i>PMinAuto</i>
Ajustar PMin a dZ fictício de bassa	Para dimensionar uma rede através do DIOPRAM, é necessário, por vezes, subir a cota do reservatório de forma fictícia (<i>dZ</i>), para que a pressão dinâmica consiga atingir a pressão objetivo, nas bocas situadas em pontos

	mais desfavoráveis. Ao importar a rede depois do dimensionamento, o SIGOPRAM, deteta a diferença entre a cota real do reservatório (Campo <i>Z</i> – <i>Feature Class Nodos</i> para o nó do tipo ‘RES’) e a cota existente no DIOPRAM
Calcular Presiones disponible según PMin/PDinámica	Cria um mapa de pressão disponível em formato GRID, onde é possível visualizar a pressão disponível no interior das parcelas, quer para a pressão dinâmica, como para a pressão objetivo
Calcular Pendente Hidráulica Disponible¹⁴	O objetivo deste processo consiste em determinar os nós mais críticos da rede. Calcula o desnível entre as energias do nó do tipo ‘RES’ ($Z+P_{Min}$) e a necessária em cada nó ($Z + P_{Min}$) e divide pela distância entre ambos nós. O valor é escrito no campo NOD_Jdisp da capa <i>Nodos</i>
Crea Hidrantes desde capa Nodos	Preenche a <i>feature class</i> Hidrantes com todos os registos do tipo ‘HID’ da <i>feature class Nodos</i>
Dimensiona Hidrantes y Tomas	Preenche a <i>feature class Tomas_lin</i> com todos os registos da tabela <i>Nodos</i> do tipo ‘TOM’, e com base no caudal resultante do dimensionamento, associada o diâmetro nominal da boca, com base na tabela de Válulas Hidráulicas. Preenche também a <i>feature class</i> Hidrantes, com todos os registos do tipo ‘HID’ da tabela <i>Nodos</i> , e associada a tipologia do hidrante, com base no seu caudal, utilizando a Tabela de Hidrantes

¹⁴ Este processo não está terminado na versão da aplicação utilizada durante o trabalho de estágio, pelo que não foi utilizada

Anexo 4 – Classes de bocas de rega – Rotação ‘B’

Classe	Caudal Máximo		Área dominada (ha)	Grau de liberdade	Caudal específico (l/s/ha)	
	(m ³ /h)	(l/s)			Mínimo	Máximo
1	10	2,8	<1,7	1,8	1,65	
2	20	5,6	1,8 - 3,4	1,8	1,65	3,11
3	30	8,3	3,5 - 5,1	1,8	1,65	2,4
4	40	11,1	5,2 - 6,7	1,8	1,65	2,15
5	60	16,7	6,8 - 10,1	1,8	1,65	2,44
6	80	22,2	10,2 - 13,5	1,8	1,65	2,18
7	100	27,8	13,6-16,9	1,8	1,65	2,04
8	120	33,3	17 - 25,3	1,4	1,32	1,97
9	140	38,9	25,4 - 29,5	1,4	1,32	1,53
10	160	44,4	29,6 - 33,7	1,4	1,32	1,5
11	180	50	33,8 - 37,9	1,4	1,32	1,48
12	200	55,6	38 - 42,2	1,4	1,32	1,46
13	220	61,1	42,3 - 46,4	1,4	1,32	1,45
14	240	66,7	46,5 - 50,6	1,4	1,32	1,43
15	260	72,2	50,7 - 54,8	1,4	1,32	1,43
16	280	77,8	54,9 - 59	1,4	1,32	1,42
17	310	86,1	59,1 - 65,3	1,4	1,32	1,46

Anexo 5 – Classes de bocas de rega – Vinha/Olival

Classe	Caudal Máximo		Área dominada (ha)	Grau de liberdade	Caudal específico (l/s/ha)	
	(m ³ /h)	(l/s)			Mínimo	Máximo
1	10	2,8	<2,8	2,4	0,99	
2	20	5,6	2,9 - 5,6	2,4	0,99	1,92
3	30	8,3	5,7 - 8,4	2,4	0,99	1,46
4	40	11,1	8,5 - 11,2	2,4	0,99	1,31
5	60	16,7	11,3 - 16,8	2,4	0,99	1,48
6	80	22,2	16,9 - 22,4	2,4	0,99	1,32
7	100	27,8	22,5 - 28,0	2,4	0,99	1,23
8	120	33,3	28,1 - 33,6	2,4	0,99	1,19
9	140	38,9	33,7 - 39,2	2,4	0,99	1,15
10	160	44,4	39,3 - 44,8	2,4	0,99	1,13
11	180	50	44,9 - 50,4	2,4	0,99	1,11
12	200	55,6	50,5 - 56,0	2,4	0,99	1,10
13	220	61,1	56,1 - 61,6	2,4	0,99	1,09
14	240	66,7	61,7 - 67,2	2,4	0,99	1,08
15	260	72,2	67,3 - 72,8	2,4	0,99	1,07
16	280	77,8	72,9 - 78,4	2,4	0,99	1,07
17	310	86,1	78,5 - 86,8	2,4	0,99	1,10

Anexo 6 – Dados resultantes do dimensionamento efetuado pelo projetista

Troço	Caudal l/s) Clement	Soma dos caudais das bocas de rega	Garantia de Fornecimento	Número de bocas de rega
13	8	8	1	1
35	19	19	1	2
34	39	39	1	4
33	67	67	1	5
32	83	83	1	7
12	72	91	0,79	8
11	83	102	0,81	10
10	95	122	0,78	13
31	11	11	1	2
30	56	56	1	4
9	145	177	0,82	17
28	39	39	1	2
27	53	53	1	4
29A	44	44	1	2
29	100	100	1	4
26	153	153	1	8
25	164	164	1	9
8	287	341	0,84	26
7	391	447	0,87	28
6	420	491	0,86	29
5	435	508	0,86	30
24	22	22	1	1
24A	67	67	1	2
4	495	575	0,86	32
3	520	603	0,86	33
3a	527	625	0,84	34
21	33	33	1	1
20	33	33	1	1
49	67	67	1	2
19	83	83	1	3
23	89	89	1	2
23a	33	33	1	1

Aplicação de um modelo de dimensionamento e simulação de redes de rega sob pressão em ArcMap

Troço	Caudal l/s) Clement	Soma dos caudais das bocas de rega	Garantia de Fornecimento	Número de bocas de rega
23b	122	122	1	3
22	156	189	0,83	5
18	239	272	0,88	8
18A	270	344	0,79	9
2	726	969	0,74	43
16	194	194	1	4
17	78	78	1	2
15	272	272	1	6
14	306	306	1	7
1	999	1274	0,78	50

Anexo 7 – Resultado do dimensionamento utilizando o caudal nominal

Id Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Ql (l/s)	DN	P Est. (mca)	V (m/seg)	P (mca)	J (m/m)	Material
7	6	8	133,4	350	63,6	1,3	45,7	0	350_(PRFV-10)
23	22	23	66,6	250	65,6	1,8	56,0	0,01	250_(PEAD-10)
31	30	31	77,8	250	47,9	1,9	43,9	0,01	250_(PEAD-6)
33	32	33	16,7	125	48,9	1,6	45,2	0,02	125_(PEAD-6)
52	55	56	13,9	110	76,0	1,9	54,2	0,03	110_(PEAD-10)
65	68	69	44,4	315	49,0	0,7	40,5	0	315_(PEAD-6)
80	83	84	13,9	110	75,7	1,9	56,7	0,03	110_(PEAD-10)
84	87	88	8,4	90	76,9	1,7	55,4	0,04	90_(PEAD-10)
93	96	97	5,6	75	61,2	1,6	43,6	0,04	75_(PEAD-10)
106	109	110	61,1	250	53,9	1,5	46,7	0,01	250_(PEAD-6)
120	123	124	16,7	125	32,9	1,6	27,5	0,02	125_(PEAD-6)
145	3	44	11,2	110	79,5	1,5	48,5	0,02	110_(PEAD-10)
146	51	53	5,6	75	77,5	1,6	50,3	0,04	75_(PEAD-10)
147	5	63	27,8	160	54,5	1,6	19,9	0,02	160_(PEAD-6)
149	9	106	38,9	180	70,7	2,0	45,1	0,02	180_(PEAD-10)
151	13	139	22,2	315	14,8	0,3	8,9	0	315_(PEAD-6)
152	15	146	22,2	140	36,3	1,7	30,4	0,02	140_(PEAD-6)
153	17	116	66,6	250	63,5	1,8	53,3	0,01	250_(PEAD-10)
154	19	114	33,3	200	48,7	1,2	33,6	0,01	200_(PEAD-6)
163	154	6	272,798	450	61,1	1,6	43,6	0	450_(PRFV-10)
24	26	21	88,8	315	76,1	1,5	65,1	0,01	315_(PEAD-10)
22	22	26	183,2	350	76,0	1,8	65,2	0,01	350_(PRFV-10)
27	26	27	94,4	315	75,9	1,6	65,0	0,01	315_(PEAD-10)
30	30	16	222,1	500	33,1	1,1	27,8	0	500_(PRFV-6)
35	34	35	44,4	200	58,0	1,8	51,5	0,02	200_(PEAD-10)
40	39	40	100	315	72,1	1,7	56,6	0,01	315_(PEAD-10)
96	100	22	249,8	400	66,7	1,9	59,8	0,01	400_(PRFV-10)
97	100	101	33,3	180	75,2	1,7	70,8	0,02	180_(PEAD-10)
123	126	127	16,7	125	55,7	1,8	46,7	0,03	125_(PEAD-10)
124	127	128	16,7	125	55,7	1,8	46,7	0,03	125_(PEAD-10)
126	129	130	22,2	140	53,6	1,7	46,2	0,02	140_(PEAD-6)
144	21	25	88,8	315	76,3	1,5	65,2	0,01	315_(PEAD-10)

Aplicação de um modelo de dimensionamento e simulação de redes de rega sob pressão em ArcMap

Id Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Ql (l/s)	DN	P Est. (mca)	V (m/seg)	P (mca)	J (m/m)	Material
159	149	150	38,9	180	61,9	2,0	49,9	0,02	180_(PEAD-10)
41	40	41	50	250	72,1	1,3	56,6	0,01	250_(PEAD-10)
42	40	42	50	250	72,1	1,3	56,6	0,01	250_(PEAD-10)
45	44	45	5,6	75	79,5	1,6	48,4	0,04	75_(PEAD-10)
46	44	46	5,6	75	79,7	1,6	48,3	0,04	75_(PEAD-10)
48	4	51	5,6	75	77,5	1,6	50,4	0,04	75_(PEAD-10)
50	53	54	5,6	75	77,5	1,6	50,3	0,04	75_(PEAD-10)
5	4	55	86,1	350	76,0	0,8	54,3	0	350_(PRFV-10)
53	56	57	8,3	90	76,0	1,7	54,2	0,04	90_(PEAD-10)
54	56	58	5,6	75	75,8	1,6	53,9	0,04	75_(PEAD-10)
56	59	60	27,8	160	73,7	1,8	51,2	0,02	160_(PEAD-10)
57	60	61	27,8	160	73,7	1,8	51,2	0,02	160_(PEAD-10)
72	75	76	25	160	70,3	1,6	50,5	0,02	160_(PEAD-10)
129	132	133	16,6	200	56,5	0,7	32,9	0	200_(PEAD-10)
60	63	64	11,1	110	54,5	1,4	19,9	0,02	110_(PEAD-6)
61	63	65	16,7	125	54,5	1,6	19,8	0,02	125_(PEAD-6)
62	33	66	16,7	125	48,9	1,6	45,2	0,02	125_(PEAD-6)
63	35	67	44,4	200	58,0	1,8	51,5	0,02	200_(PEAD-10)
66	69	70	44,4	315	49,0	0,7	40,5	0	315_(PEAD-6)
69	72	73	27,8	160	61,7	1,8	35,4	0,02	160_(PEAD-10)
70	72	74	16,7	160	61,2	1,1	34,8	0,01	160_(PEAD-10)
3	2	75	36,2	180	70,3	1,8	50,5	0,02	180_(PEAD-10)
73	76	77	16,7	125	70,3	1,8	50,5	0,03	125_(PEAD-10)
74	76	78	8,3	90	70,3	1,7	50,2	0,04	90_(PEAD-10)
77	80	81	33,3	180	64,6	1,7	45,7	0,02	180_(PEAD-10)
78	80	82	2,8	50	59,6	1,8	38,3	0,09	50_(PEAD-10)
9	8	83	52,8	250	75,7	1,4	56,7	0,01	250_(PEAD-10)
150	11	142	22,2	140	44,7	1,7	17,5	0,02	140_(PEAD-6)
81	84	85	5,6	75	75,7	1,6	56,6	0,04	75_(PEAD-10)
82	84	86	8,3	90	75,7	1,7	56,7	0,04	90_(PEAD-10)
83	87	4	91,7	350	76,7	0,9	55,2	0	350_(PRFV-10)
85	88	89	5,6	75	76,9	1,6	55,4	0,04	75_(PEAD-10)
86	88	90	2,8	50	77,4	1,8	55,2	0,09	50_(PEAD-10)
88	91	92	19,5	140	76,3	1,6	55,4	0,02	140_(PEAD-10)
89	92	93	8,3	90	76,3	1,7	55,4	0,04	90_(PEAD-10)
90	92	94	5,6	75	76,4	1,6	55,3	0,04	75_(PEAD-10)
91	92	95	5,6	75	76,2	1,6	55,0	0,04	75_(PEAD-10)

Aplicação de um modelo de dimensionamento e simulação de redes de rega sob pressão em ArcMap

Id Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	QI (l/s)	DN	P Est. (mca)	V (m/seg)	P (mca)	J (m/m)	Material
6	6	96	152,083	350	61,2	1,5	43,6	0	350_(PRFV-10)
94	97	98	5,6	75	61,2	1,6	43,6	0,04	75_(PEAD-10)
95	31	99	77,8	250	47,9	1,9	43,9	0,01	250_(PEAD-6)
99	27	103	44,4	200	75,6	1,8	64,6	0,02	200_(PEAD-10)
100	27	104	50	250	75,9	1,3	65,0	0,01	250_(PEAD-10)
101	83	9	38,9	180	70,7	2,0	45,1	0,02	180_(PEAD-10)
161	101	152	33,3	180	75,2	1,7	70,8	0,02	180_(PEAD-10)
103	106	107	33,3	180	70,7	1,7	45,1	0,02	180_(PEAD-10)
104	106	108	5,6	75	70,6	1,6	44,7	0,04	75_(PEAD-10)
105	109	18	99,9	315	63,3	1,7	53,5	0,01	315_(PEAD-10)
107	110	111	11,1	110	53,9	1,4	46,7	0,02	110_(PEAD-6)
108	110	112	50	200	53,7	1,9	46,4	0,02	200_(PEAD-6)
111	18	17	66,6	250	63,5	1,8	53,3	0,01	250_(PEAD-10)
113	116	117	44,4	200	63,5	1,8	53,3	0,02	200_(PEAD-10)
114	116	118	22,2	140	63,5	1,9	53,2	0,03	140_(PEAD-10)
116	23	120	66,6	250	65,5	1,8	55,8	0,01	250_(PEAD-10)
117	120	121	33,3	200	65,5	1,4	55,8	0,01	200_(PEAD-10)
118	120	122	33,3	180	65,5	1,7	55,8	0,02	180_(PEAD-10)
16	16	123	61,1	350	32,9	0,6	27,5	0	350_(PRFV-6)
143	114	148	33,3	200	48,7	1,2	33,6	0,01	200_(PEAD-6)
121	124	125	16,7	125	32,9	1,6	27,5	0,02	125_(PEAD-6)
125	129	10	480,076	600	52,7	1,7	44,9	0	600_(ASH-6)
127	130	131	22,2	140	53,6	1,7	46,2	0,02	140_(PEAD-6)
130	133	134	8,3	160	56,5	0,5	32,9	0	160_(PEAD-10)
131	133	135	8,3	90	56,5	1,7	32,9	0,04	90_(PEAD-10)
132	25	136	44,4	200	76,3	1,8	65,2	0,02	200_(PEAD-10)
133	25	137	44,4	200	76,3	1,8	65,2	0,02	200_(PEAD-10)
160	150	151	38,9	180	61,9	2,0	49,9	0,02	180_(PEAD-10)
138	139	143	22,2	315	14,8	0,3	8,9	0	315_(PEAD-6)
139	142	144	22,2	140	44,7	1,7	17,5	0,02	140_(PEAD-6)
140	14	15	22,2	140	36,3	1,7	30,4	0,02	140_(PEAD-6)
142	146	147	22,2	140	36,3	1,7	30,4	0,02	140_(PEAD-6)
173	156	11	22,2	140	44,5	1,7	17,3	0,02	140_(PEAD-6)
175	158	157	22,2	140	38,1	1,7	17,0	0,02	140_(PEAD-6)
162	153	159	22,2	140	33,1	1,7	16,7	0,02	140_(PEAD-6)
177	160	158	22,2	140	41,1	1,7	21,2	0,02	140_(PEAD-6)
176	159	161	22,2	140	36,1	1,7	18,6	0,02	140_(PEAD-6)

Aplicação de um modelo de dimensionamento e simulação de redes de rega sob pressão em ArcMap

Id Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	QI (l/s)	DN	P Est. (mca)	V (m/seg)	P (mca)	J (m/m)	Material
179	162	156	22,2	140	45,1	1,7	20,9	0,02	140_(PEAD-6)
174	157	162	22,2	140	40,1	1,7	17,4	0,02	140_(PEAD-6)
178	161	163	22,2	140	36,1	1,7	18,5	0,02	140_(PEAD-6)
180	163	160	22,2	140	35,1	1,7	16,3	0,02	140_(PEAD-6)
181	164	68	66,6	315	49,0	1,0	40,5	0	315_(PEAD-6)
11	10	164	66,6	315	52,1	1,0	43,9	0	315_(PEAD-6)
182	165	129	501,674	600	53,8	1,8	46,5	0,01	600_(ASH-10)
34	34	165	501,674	600	57,1	1,8	50,1	0,01	600_(ASH-10)
183	166	34	540,519	600	58,0	1,9	51,5	0,01	600_(ASH-10)
184	167	166	540,519	600	59,1	1,9	53,1	0,01	600_(ASH-10)
32	32	168	540,519	600	50,1	1,9	45,7	0,01	600_(ASH-6)
185	168	167	540,519	600	52,1	1,9	47,0	0,01	600_(ASH-6)
12	12	169	555,928	800	51,1	1,1	48,0	0	800_(ASH-10)
186	169	32	555,928	700	48,9	1,4	45,2	0	700_(ASH-6)
187	170	12	816,995	800	56,1	1,6	53,3	0	800_(ASH-10)
188	171	170	816,995	800	60,1	1,6	57,7	0	800_(ASH-10)
189	172	171	816,995	800	62,1	1,6	60,2	0	800_(ASH-10)
191	174	100	283,1	450	75,2	1,7	70,8	0	450_(PRFV-10)
193	176	175	283,1	450	60,1	1,7	57,2	0	450_(PRFV-10)
194	177	176	283,1	450	60,1	1,7	57,9	0	450_(PRFV-10)
28	20	178	283,1	450	61,1	1,7	59,8	0	450_(PRFV-10)
196	0	20	1.015,34	1100	58,9	1,1	58,4	0	1100_(ASH-10)
197	180	181	27,8	160	58,1	1,8	27,1	0,02	160_(PEAD-10)
199	182	183	27,8	160	56,1	1,8	29,2	0,02	160_(PEAD-10)
200	183	180	27,8	160	59,1	1,8	29,5	0,02	160_(PEAD-10)
201	184	182	27,8	160	56,1	1,8	29,3	0,02	160_(PEAD-10)
202	185	132	44,4	315	57,0	0,7	33,4	0	315_(PEAD-10)
203	186	185	44,4	315	61,1	0,7	37,7	0	315_(PEAD-10)
204	187	186	44,4	315	62,1	0,7	38,7	0	315_(PEAD-10)
205	188	187	44,4	315	64,1	0,7	40,7	0	315_(PEAD-10)
206	189	188	44,4	315	67,1	0,7	43,8	0	315_(PEAD-10)
207	190	189	44,4	315	68,1	0,7	44,9	0	315_(PEAD-10)
155	59	191	44,4	315	73,1	0,7	50,4	0	315_(PEAD-10)
208	191	190	44,4	315	70,1	0,7	47,2	0	315_(PEAD-10)
51	55	192	72,2	315	70,1	1,2	47,9	0	315_(PEAD-10)
209	192	59	72,2	315	73,7	1,2	51,2	0	315_(PEAD-10)
210	193	5	27,8	160	54,5	1,6	19,9	0,02	160_(PEAD-6)

Aplicação de um modelo de dimensionamento e simulação de redes de rega sob pressão em ArcMap

Id Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Ql (l/s)	DN	P Est. (mca)	V (m/seg)	P (mca)	J (m/m)	Material
211	194	193	27,8	160	52,1	1,8	18,9	0,02	160_(PEAD-10)
198	181	194	27,8	160	55,1	1,8	23,0	0,02	160_(PEAD-10)
58	132	195	27,8	160	57,1	1,8	32,6	0,02	160_(PEAD-10)
212	195	184	27,8	160	60,1	1,8	34,5	0,02	160_(PEAD-10)
213	196	87	100,1	350	76,9	1,0	55,4	0	350_(PRFV-10)
214	197	196	100,1	350	74,1	1,0	52,8	0	350_(PRFV-10)
165	91	197	100,1	350	72,1	1,0	50,9	0	350_(PRFV-10)
215	198	91	119,6	350	76,3	1,2	55,4	0	350_(PRFV-10)
216	199	198	119,6	350	72,1	1,2	51,6	0	350_(PRFV-10)
2	2	199	119,6	350	70,1	1,2	49,9	0	350_(PRFV-10)
217	200	2	147,886	350	70,3	1,4	50,6	0	350_(PRFV-10)
218	201	39	377,497	500	72,1	1,8	56,6	0	500_(PRFV-10)
219	202	200	147,886	350	75,1	1,4	55,8	0	350_(PRFV-10)
220	203	202	147,886	350	77,1	1,4	58,1	0	350_(PRFV-10)
221	204	154	272,798	450	62,8	1,6	45,3	0	450_(PRFV-10)
222	205	204	272,798	450	66,1	1,6	48,8	0	450_(PRFV-10)
224	207	201	377,497	500	74,1	1,8	59,3	0	500_(PRFV-10)
223	206	208	272,798	450	66,1	1,6	49,4	0	450_(PRFV-10)
225	208	205	272,798	450	66,1	1,6	48,9	0	450_(PRFV-10)
226	209	207	377,497	500	67,1	1,8	53,1	0	500_(PRFV-10)
158	149	209	377,497	500	68,1	1,8	54,9	0	500_(PRFV-10)
227	210	149	413,979	500	61,9	2,0	49,9	0,01	500_(PRFV-10)
228	211	210	413,979	500	63,1	2,0	51,8	0,01	500_(PRFV-10)
229	212	211	413,979	500	66,1	2,0	55,1	0,01	500_(PRFV-10)
157	126	213	413,979	500	59,1	2,0	49,8	0,01	500_(PRFV-10)
230	213	212	413,979	500	59,1	2,0	49,3	0,01	500_(PRFV-10)
231	214	126	424,439	600	55,6	1,5	46,8	0	600_(ASH-10)
10	10	214	424,439	600	51,1	1,5	42,7	0	600_(ASH-6)
232	215	206	272,798	450	70,1	1,6	53,7	0	450_(PRFV-10)
39	39	215	272,798	450	69,1	1,6	53,1	0	450_(PRFV-10)
92	96	216	147,886	350	65,1	1,4	47,1	0	350_(PRFV-10)
233	216	203	147,886	350	76,1	1,4	57,6	0	350_(PRFV-10)
234	217	153	22,2	140	33,7	1,7	17,9	0,02	140_(PEAD-6)
235	218	217	22,2	140	39,1	1,7	25,2	0,02	140_(PEAD-6)
236	219	218	22,2	160	45,1	1,3	34,5	0,01	160_(PEAD-6)
136	68	220	22,2	180	48,1	1,0	39,2	0,01	180_(PEAD-6)
237	220	219	22,2	160	48,1	1,3	38,6	0,01	160_(PEAD-6)

Aplicação de um modelo de dimensionamento e simulação de redes de rega sob pressão em ArcMap

Id Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Ql (l/s)	DN	P Est. (mca)	V (m/seg)	P (mca)	J (m/m)	Material
238	221	19	33,3	200	48,7	1,4	33,6	0,01	200_(PEAD-10)
17	16	222	161	350	34,1	1,6	28,3	0,01	350_(PRFV-6)
164	18	223	33,3	200	62,1	1,4	50,5	0,01	200_(PEAD-10)
240	223	221	33,3	200	56,1	1,4	41,9	0,01	200_(PEAD-10)
241	224	30	299,9	600	47,8	1,1	43,8	0	600_(ASH-6)
242	225	224	299,9	600	54,1	1,1	50,4	0	600_(ASH-10)
243	226	225	299,9	600	57,1	1,1	53,6	0	600_(ASH-10)
244	227	226	299,9	600	57,1	1,1	53,8	0	600_(ASH-10)
13	12	227	299,9	600	59,1	1,1	56,0	0	600_(ASH-10)
245	228	13	22,2	315	14,8	0,3	8,9	0	315_(PEAD-6)
246	229	228	22,2	315	21,1	0,3	15,2	0	315_(PEAD-6)
247	230	229	22,2	315	29,1	0,3	23,2	0	315_(PEAD-6)
249	232	231	22,2	315	34,1	0,3	28,3	0	315_(PEAD-6)
250	233	232	22,2	315	35,1	0,3	29,4	0	315_(PEAD-6)
251	234	233	22,2	315	35,1	0,3	29,4	0	315_(PEAD-6)
134	14	234	22,2	315	34,1	0,3	28,4	0	315_(PEAD-6)
253	236	155	44,4	350	34,5	0,4	28,9	0	350_(PRFV-6)
119	123	236	44,4	350	32,1	0,4	26,6	0	350_(PRFV-6)
254	237	174	283,1	450	67,1	1,7	63,4	0	450_(PRFV-10)
192	175	237	283,1	450	63,1	1,7	59,7	0	450_(PRFV-10)
263	247	250	80,6	315	65,1	1,3	46,5	0,01	315_(PEAD-10)
8	8	247	80,6	315	67,1	1,3	48,8	0,01	315_(PEAD-10)
239	222	248	161	350	44,1	1,6	37,9	0,01	350_(PRFV-6)
264	248	109	161	350	53,9	1,6	46,7	0,01	350_(PRFV-6)
195	178	249	283,1	450	62,1	1,7	60,6	0	450_(PRFV-10)
265	249	177	283,1	450	61,1	1,7	59,4	0	450_(PRFV-10)
273	257	255	44,5	200	63,9	1,8	44,4	0,02	200_(PEAD-10)
271	250	257	80,6	315	65,1	1,3	46,1	0,01	315_(PEAD-10)
274	257	80	36,1	180	64,6	1,8	45,7	0,02	180_(PEAD-10)
275	258	259	44,5	200	61,5	1,8	35,2	0,02	200_(PEAD-10)
276	259	72	44,5	200	61,7	1,8	35,4	0,02	200_(PEAD-10)
277	260	261	44,5	200	59,1	1,8	34,5	0,02	200_(PEAD-10)
278	261	258	44,5	200	62,1	1,8	36,5	0,02	200_(PEAD-10)
279	262	260	44,5	200	56,1	1,8	32,1	0,02	200_(PEAD-10)
280	263	262	44,5	200	58,1	1,8	34,8	0,02	200_(PEAD-10)
281	264	263	44,5	200	58,1	1,8	35,3	0,02	200_(PEAD-10)
282	265	264	44,5	200	58,1	1,8	35,8	0,02	200_(PEAD-10)

Aplicação de um modelo de dimensionamento e simulação de redes de rega sob pressão em ArcMap

Id Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Ql (l/s)	DN	P Est. (mca)	V (m/seg)	P (mca)	J (m/m)	Material
283	266	265	44,5	200	59,1	1,8	37,2	0,02	200_(PEAD-10)
284	267	266	44,5	200	61,1	1,8	39,7	0,02	200_(PEAD-10)
285	268	267	44,5	200	64,1	1,8	43,1	0,02	200_(PEAD-10)
272	255	268	44,5	200	65,1	1,8	44,8	0,02	200_(PEAD-10)
289	155	14	44,4	350	34,9	0,4	29,2	0	350_(PRFV-6)
294	20	269	816,995	900	58,0	1,3	57,4	0	900_(ASH-10)
306	231	230	22,2	315	32,1	0,3	26,3	0	315_(PEAD-6)
310	269	173	816,995	900	56,1	1,3	54,9	0	900_(ASH-10)
311	75	3	11,2	110	79,5	1,5	48,5	0,02	110_(PEAD-10)
312	173	172	816,995	900	59,1	1,3	57,7	0	900_(ASH-10)